



УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП

ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ

ИНСТИТУТ ЗА ГЕОЛОГИЈА

КАТЕДРА ЗА ХИДРОЛОГИЈА И ГЕОТЕХНИКА

ЗОРАНЧО БОЖИНОВ

ТЕШКИ И ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ ВО ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ НА

РАДОВИШКА КОТЛИНА

- МАГИСТЕРСКИ ТРУД -

Штип, април 2015 год.

Комисија за оценка и одбрана:

Ментор: Проф. д-р. Војо Мирчовски

Професор на ФПТН УГД - Штип

Член Проф. д-р. Блажо Боев

Професор на ФПТН УГД - Штип

Претседател:

Член Проф. д-р. Тена Шијакова -Иванова

Професор на ФПТН УГД - Штип

Научно поле: применета геологија и геофизика

Научна област: хидрологија /хидрогеологија

Датум на одбрана: _____

Датум на промоција : _____

Благодарност:

Сакам да изразам голема благодарност до сите оние кои на некој начин помогнаа при реализирањето на овој магистерски труд, за тој ја добие потребната содржина во која ќе биде презентираан.

Сепак најголема благодарност, за моралната и стручна поддршка, стручни совети, консултации, сугестии и насока за изработката на овој магистерски труд, упатувам до мојот ментор професор д-р. Војо Мирчовски.

Исто така голема благодарност изразувам и до асс. д-р. Ѓорѓи Димов за укажаните стручни совети за изработката на овој магистерски труд.

Голема благодарност изразувам и до членовите на комисијата, за огромениот придонес да овој труд добие комплетен изглед од стручно-научен аспект.

Се заблагодарувам и на Факултетот за природни и технички науки кој ми помогна при изработката на хемиските анализи на водата во нивната хемиска лабораторија.

Исто така изразувам благодарност до сите кои присуствуваат на одбраната на овој магистерски труд, што ми претставува огромна чест.

ТЕШКИ И ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ ВО ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ НА РАДОВИШКА КОТЛИНА

Краток извадок

Во рамките на овој труд ќе бидат прикажани резултатите од најновите испитувања на содржината на тешките и токсични метали, физичките параметри, катјонските и анјонските содржини во подземните води во Радовишка котлина. Од групата на тешки и токсични метали кои се испитувани одредени се содржините на: Al, As, Fe, Cu, B, Ba, Mn, Ni, Pb, Sr, V, Zn. Одредувањето на тешките и токсични метали е работено со методата ICP-AES (атомска емисиона спектрометрија со индуктивно спрегната плазма). Во поголем број од пробите, тешките и токсични метали не ја надминуваат дозволената граница на МДК и Европската регулатива. Испитувањата покажаа дека температурата на испитуваните води е во опсег од 8—23 °C, измераните вредности за pH на анализираните води се во границите од 6,2—8,0. Измераните вредности на TDS во испитуваните води се движат во опсег од минимална вредност 326 mg/L⁻¹, до максимална вредност од 2252 mg/L⁻¹. Одредената тврдина е во опсег од 18 до 138 °dH. Опсегот од одредени концентрации на алкалноста се движи од минимална 68 mg/L⁻¹ до максимална 540 mg/L⁻¹. Хлоридите се одредени во концентрационен опсег од минимална 17 mg/L⁻¹ до максимална 241mg/L⁻¹. Концентрациониот опсег за сулфатите во испитуваните води е од минимална 14,6 mg/L⁻¹ до максимална 535 mg/L⁻¹. Добиените резултати од мерењата на концентрациите во растворениот фосфор се движат од минимални 0,011 mg/L⁻¹ до екстремно високи вредности 4,62 mg/L⁻¹. Опсегот од одредените концентрации за нитратните анјони е од минимална вредност 4,6 mg/L⁻¹ с. Горно Ињево Б-7, до максимална 477 mg/L⁻¹, во с. Горно Ињево Б-9 со медијана 85 mg/L⁻¹ а нитритите се движат до максимална концентрација од 0,12 mg/L⁻¹. Амониум јоните се детектирани со максимални концентрации од 0,0579 mg/L⁻¹. За оваа цел се земени 67 проби од предходно внимателно избрани мерни пунктови, кои би дале репрезентативна слика за квалитетот на подземните води. Определувањето на хемискиот состав на подземните води е од посебно значење за водоснабдување на овие населени места во Радовишка котлина.

Клучни зборови: подземни води, тешки и токсични метали, pH, температура, тврдина на водата, катјони и анјони.

Heavy and Toxic Metals in the Underground Waters in the Radovich Valley

Abstract:

This Master's Paper will present the results from the newest research of the physical-chemical parameters of the underground waters which was conducted in the Radovich valley.

The group of heavy toxic metals consists of: Al, As, Fe, Cu, B, Ba, Mn, Ni, Pb, Sr, V, Zn. The water from the Radovich valley has been used as a medium in which the heavy and toxic metals have been determined with application of the method ICP–AES (Atomic Emission Spectrometry with Inductive Combination Plasma)

The research has shown that the temperature of the analyzed waters is within the range of 8 to 14 °C , and the measured values of pH of the analyzed waters are from 6.2 to 8.0. The measured values of TDS of the analyzed waters are within the range of minimum 326 mg/l⁻¹ to maximum 2252 mg/l⁻¹. The hardness which was measured is within the range of 18 to 138 ° dH.

The range of the measured concentrations of alkalinity is from 68 mg/l to maximum 540 mg/l⁻¹.

Chlorides have been measured within the concentration range of minimum 17.4 mg/l⁻¹ to maximum 241 mg/l⁻¹. The concentration range of sulphates in the analyzed waters is from minimum 14.6 mg/l⁻¹ to maximum 535 mg/l⁻¹. The results acquired from the measurement of the concentrations in the dissolved phosphorus are from the minimum 0.011 mg/l⁻¹ to the extremely high value 4.62 mg/l⁻¹. The range of specific concentrations of the nitrate anions varies from the minimum value 4.6 mg/l⁻¹ in the village Gorno Injevo 5-7, to the maximum value 477 mg/l⁻¹ in the village Gorno Injevo 5-9 with a median of 85 mg/l⁻¹, and the nitrites vary up to the maximum concentration of

0.12 mg/l⁻¹. The ammonium ions have been detected with maximum concentrations of 0.0579 mg/l⁻¹.

For this purpose, 67 samples from previously carefully chosen measure points have been used, which would give a representative picture of the quality of the underground waters.

The determination of the chemical compound of underground waters has a particularly significant meaning for the water supply of these settlements in the Radovich valley.

Key Words: underground waters, heavy and toxic metals, pH, temperature, water hardness, cations, anions,

Contents

СОДРЖИНА

	КРАТОК ИЗВАДОК	I
	ABSTRACT	II
	СОДРЖИНА	III
1.	Вовед.....	9
2.	Цели на истражувањето.....	9
3.	Методологија на истражување.....	9
4.	Географска положба на истражуваниот терен.....	11
5.	Климатски карактеристики на истражуваниот терен.....	12
6.	Преглед на предходни истражувања, оценка и степен на истраженост на Радовишка котлина.....	13
7.	Геолошка градба на пошироката околина.....	13
7.1.	Прекамбриум.....	14
	Мигматити (Mi) (a)	14
	Фелдспатизирани гнајсеви (Mi) (b)	14
	Порфиробластичен гнајс (G)	14
	Ситнозрнест дволискунски гнајс (Gmb).....	15
	Микашисти (Sm).....	15
	Мермери (M).....	16
7.2.	Рифеј - Камбриум.....	16
	Албит-кварц-мусковит-хлоритски шкрилци (Sa).....	16
7.3.	Стари палеозоиски карпи.....	17
	Филити и карбонатни шкрилци (Sf).....	17
	Шкрилесто карбонатна серија (Fm)	17
	Циполини (Mm)	17
	Кварц-серицит-хлоритски шкрилци (Sse).....	18
	Филити и метапесочници (F)	18
	Крупно порфирски метариолити (X')	18
	Аплитоидни гранити (γ).....	19
7.4.	Креда.....	19

	Турон-варовници (K_2^2).....	19
7.5.	Палеоген.....	20
	Жолти песочници (A), горна зона на флишот (B) (4E_3).....	20
	Пирокластичити (θ).....	20
	Андезити (α).....	20
7.6.	Терциер.....	21
	Песоклива серија (3PI).....	21
7.7.	Плиоценски глини (PI_3).....	22
7.8.	Квартер холоцен.....	22
	Средна речна тераса (t_2).....	22
	Долна речна тераса (t_1).....	23
	Пролувиум (Pr).....	23
	Алувиум (al).....	23
8.	Тектонски карактеристики.....	24
9.	Хидрогеолошки карактеристики на пошироката околина на Радовишка котлина.....	26
	Збиен тип на водоносници.....	26
	Карстно пукнатински тип на водоносници.....	27
	Пукнатински тип на водоносници.....	27
	Условно водонепропусни карпи	28
10.	Законска регулатива за води.....	29
10.1.	Македонска законска регулатива.....	29
	Гранични вредности за класификација на води.....	29
	Европска законска регулатива.....	33
11.	Локација на земени проби.....	35
12.	Квалитет на подземни води	39
13.	Резултати и дискусија.....	50
14.	Класификација на подземни води.....	115
15.	Заклучок.....	117
16.	Литература.....	121

1. ВОВЕД

Познавањето на карактеристиките на режимот на загаденост на подземни води со тешки и токсични метали во Радовишка котлина е од посебно значење за квалитетот на подземните води. Како најголеми загадувачи на подземните води при извршените анализи се утврдени канализационите води и комуналниот отпад во селските населби. Во урбаните средини како најчести се антропогените загадувачи, како и близината на околните обработливи земјоделски површини кои интензивно се обработуваат и третираат со хемиски препарати кои претставуваат потенцијална можност за загадување на подземните води на Радовишка котлина. Сулфатите може да бидат индикатори за загадување на водите со руднички отпадни води, за што постои индикација за нашите испитувања, бидејќи највисока концентрација на сулфатни анјони е утврдена во подземните води во с. Дамјан, кој е релативно најблизу до рудникот Бучим.

2. Цели на истражувањето

Цели на истражувањето на овој магистерски труд е да се одредат содржините на тешките и токсични метали на подземните води на пошироката околина на Радовишката котлина. Врз основа на добиените податоци ќе се даде толкување за концентрацијата на тешките и токсични метали во пробите земани од подземни води.

3. Методологија на истражување

Во текот на истражувањето беа користени теренски и лабораториски методи на истражување. Во првата фаза од истражувањето беше проучена и анализирана целокупната постоечка документација која се однесува на пошироката околина на Радовишката котлина. При теренските истражувања беа земани проби од подземни води и беа направени хемиски анализи со кои беа потврдени. Одреден број на тешки и токсични метали, физички параметри и главни катјони и анјони.

Хемиските анализи на подземни води беа работени на Факултетот за природни и технички науки при Универзитетот “Гоце Делчев” во Штип со помош на методата на ICP-AES и ICP-MS (Атомско емисиона спектрометрија со индуктивно спрегната плазма и атомска емисиона спектрометрија со спрегната плазма и масена спектрометрија).

За исцратување на графичката документација беа користени компјутерски програми како што се: Coral Draw, Photoshop, Auto Cad и др.

4. ГЕОГРАФСКА ПОЛОЖБА НА ИСТРАЖУВАНИОТ ТЕРЕН

Радовишката котлина се наоѓа во југоисточит дел од Република Македонија сл. 1. На северозападната страна лежи општина Штип, на југоисток и југ се општините Василево, Струмица и Валандово, а на запад се општините Демир Капија и Неготино. Радовишката котлина зафаќа површина од 608 km² и според, површината при во средни по големина општини во Македонија .

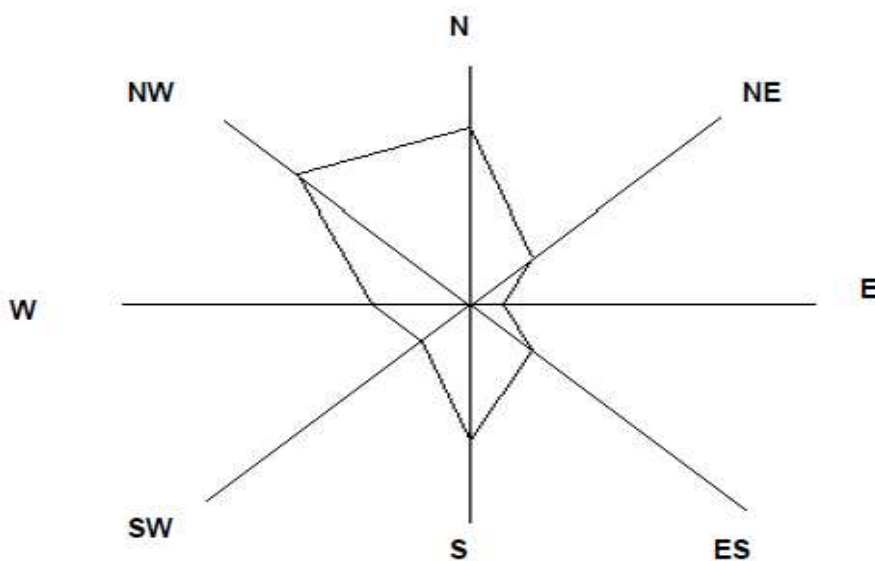


Слика 1. Географска положба на истражениот терен

Figure 1. Geographical position of the investigated area

5. КЛИМАТСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ИСТРАЖУВАНИОТ ТЕРЕН

Радовишката котлина има умерено-континентална клима. За сметка на топографските разлики во височина (400-707 m. надморска височина), климата се менува од медитеранска клима во рамнините до планинска клима на планините. Просечната годишна температура во рамнините варира од 12,5 до 13 °C, а во највисоките делови од планинскиот регион се искачува до 7,5 °C. Најтопли месеци од годината се јули и август, со просечна температура од 23 °C, а нај студен месец е јануари 1,2 °C. Просечните годишни врнежи се 563 mm/m³. Годишните сончеви периоди изнесуваат 2326 часа или 6,4 часа дневно. Просечна годишна релативна влажност изнесува 67 % и во текот на годината постепено се смалува од јануари до август, а потоа, од септември до декември се зголемува. Во поедини години средната годишна релативна влажност се менува и отстапува во граници од 64 % до 73 %. Регионот се карактеризира со ветрови. Просечната годишна брзина изнесува 5,7 m/s, а максимална брзина достигнува до 27,0 m/s. Се јавува доста изедначено во текот на целата година, но со поголема зачестеност во јули и август.



Слика. 2 Ружа на ветрови

Figure. 2 The winds rose

6. ПРЕГЛЕД НА ПРЕТХОДНИ ИСТРАЖУВАЊА, ОЦЕНКА И СТЕПЕН НА ИСТРАЖЕНОСТ НА РАДОВИШКА КОТЛИНА

Првите геолошки испитувања датираат уште од времето на турската империја. Во тоа време се опишувани одделни маршрути, каде се изнесени географски, геолошки или петрографски податоци. Првите научни податоци за геологијата на овие терени ги даваат: Ј. Цвијиќ (1906) и Ф. Коссмат (1924). За време на Првата светска војна на овој дел работеле исклучиво бугарски и германски геолози. Меѓу тоа податоците ги средувале и публикувале подоцна Г. Бончев (1920). Југоисточниот дел од плаушкиот планински венец е испитуван од страна на И. Антониевиќ и М. Ѓоргиевиќ (1955), С. Карамата и А. Грубиќ (1968) каде даваат прави податоци за карпите од така наречениот амфиболско-пироксенски хоризонт и нивната генеза. По Втората светска војна истражувањата во областа биле усмерени повеќе во врска со минералните сировини. С. Павловиќ (1948) ги испитувал појавите на азбест во реонот на Градешка планина. Н. Измаилов (1948) вршел испитување на појавите на бакар во реонот на селото Иберли, а покасно (1949) во реонот Бучим-Шопур-Дамјан каде се наоѓале и појави на железо.

7. ГЕОЛОШКА ГРАДБА НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА

Геолошката градба на пошироката околина на истражуваниот терен е прикажана според податоците на ОГК во размер 1:100 000 лист Кавадарци и лист Струмица (прилог-1). Во геолошката градба учествуваат карпи од прекамбриска, рифеј камбриумска, старо палеозоијска, мезозоиска (креда), терциерна и квартерна старост.

7.1 ПРЕКАМБРИУМ

Прекамбриските карпи се развиени на планините: Плачковица, Смрдеш, Градешка планина и Серта и претставени се со: фелдспатизирани (метасоматски гнајсеви), фелдспатизирани гнајсеви, мигматитско порфиробластични гнајсеви, порфиробластичен гнајс, дволискунски гнајс, микашисти и мермери.

Мигматити (Mi)

Во овие гнајсеви втиснати се гранити околу кои гнајсевите се локално фелдспатизирани и силифицирани. Оваа појава е добро изразена североисточно од село Подареш, каде околу помалите пробои на гранити се гледа интензивна фелдспатизација на дволискунските тракасти гнајсеви. Силификацијата на овие гнајсеви е изразена долж раседните зони, со протегање СЗ-ЈИ и утврдена е на самиот контакт со гранити во областа Црногорски рид.

Фелдспатизирани гнајсеви (Mi) (b)

Се карактеризираат со јако издвоена фелдспатизација која се манифестира во вид на порфиробласти, леќи и траки од салтски минерали. Истите се констатирани североисточно од село Подареш.

Порфиробластичен гнајс (G)

Тие се најстари откриени карпи на теренот, развиени се на Плачковица, помеѓу с. Тополница и Радовиш. Контактираат со ситно зрнести дволискунски или биотитски гнајсеви, со постепен преод и појава на средно зрнести варијетети на преодните делови помеѓу порфиробластичните и ситно зрнестите гнајсеви. Порфиробластичните гнајсеви се шкрилести карпи со светло сива или розеникава боја, зависно од бојата на порфиробластите, односно фелдспатите. Дебелината на овие гнајсеви на Плачковица и Градешка планина изнесува околу 800 метри.

Ситнозрнест дволискунски гнајс (Gmb)

Развиен е на Плачковица помеѓу с. Бучим и Радовиш. Има светло-сива боја и шкрилеста текстура. Ситнозрнест е, а ретко и среднозрнест во преодните делови со порфиروبластичните гнајсеви. Има протегање СЗ-ЈИ како и порфиروبластичните гнајсеви. Составен е од фелдспат, кварц, биотит, мускувит, како и битни состојки и циркон, апатит, магнетит и др. како споредни состојки. Структурата му е гранобластична или лепидобластична. Од фелдспатите се застапени микроклин и албит. Гнајсевите јужно од с. Бучим имаат тракаст изглед условен со сменувањето на безбојните и обоените минерални состојки во вид на тенки траки. Доста се цврсти и компактни. Како тракастите вариетети често се сменуваат со ситнозрнестите дволискунски гнајсеви и не може да се издвојат како посебно картирана единица. Околу ридот Чукар гнајсевите се хидротермално изменети. Бојата им е светлосива, а на самиот рид е бела. Овде се толку изменети да тешко се распознава првобитната текстура и минералниот состав. Структурата им е гранобластична до зрнеста. Составени се од кварц, интензивно каолинизирани фелдспати и лискуни. Споредни состојки се циркон и рудни минерали: магенетит, хематит, лимонит, пирит, молибден и галенит. Измените во гнајсевите се резултат на хидротермална метаморфоза, што условила интензивна каолинизација, силификација и серицитизација во гнајсевите. Дебелината на ситно зрнестите гнајсеви изнесува околу 1800 m.

Микашисти (Sm)

Развиени се на планината Смрдеш каде завземаат најголема површина, потоа на Плачковица и Серта, каде се јавуваат како помали тенки траки. Лежат конкордантно преку ситнозрнестите гнајсеви, со кои што се поврзани со преодните гнајс-микашисти. Микашистите имаат жолтеникава, сиво-жолтеникава или кафеава боја. Се карактеризираат со јасно изразена шкриљавост. Составени се од кварц, мускувит и биотит, како битни состојки и хлорид, серицит, гранат а некаде и фелдспад, како споредни состојки последната состојка е почеста во микашистите на планината Серта, поради што тие примаат карактер на гнајсмикашисти. Во микашистите околу селата Горни и Долни Липовиќ се наоѓа

партија на графитични шкрилци, а на повеќе места и леќи или траки од амфиболски шкрилци, кварцити и мермери долги до 750 m. а дебели до 80 m.

Мермери (М)

Непосредно преку микашистите во областа село Липовиќ лежат бели, сахароидни, крупнозрнести, калцитски мермери преодите од микашисти во мермреи се постепени, така да помеѓу нив се јавува една зона на циполини. Во тие премини мермерите се шкрилести или слоевити, а во средишните делови тие особини се губат, така да мермерите постануваат масивни. Структурата им е хетеро-гранобластична. Во составот на карпите секако доминира калцит, поретко се јавува мусковит, а сосема ретко кварц.

7.2. РИФЕЈ- КАМБРИУМ

Албит-кварц-мусковит-хлоритски шкрилци (Sab)

Овие карпи се зелено кафеави и сиво зелено кафеави, ситнозрнести и среднозрнести карпи. Текстурата им е шкрилеста, а структурата порфиروبластична. Во карпата е утврдено присуство на албит со големина на минералните зрна до два сантиметри, а најчесто се наоѓаат ситни бобици со големина до два милиметри. Порфиروبластите се најчесто издолжени и можат да се пратат во еден низ. Главните минерали се: кварц, албит, хлорит, серицит а акцесорни се: биотит, титанит, гранат, турмалин, рутил, магнетит и пирит, при што содржината многу е променлива. Модалните анализи ги дадоа следните резултати: албит од 15-45 %, кварц од 17-50 %, фемски состојки од 25-41 %. Албитот е маркантен минерал во шкрилците, и се јавува во неправилни и различно ориентирани зрна во однос на шкриљавоста. Често албитот вклопува појкилитски зрна на кварц, лискуни и хлорит. Со теодолитните мерења е констатирано дека анортитската компонента во албитот се движи од 4-12 %, аголот на оптичките оски плус $2V=74-80$ %.

7.3. СТАРИ ПАЛЕОЗОИСКИ КАРПИ

Филити и карбонатни шкрилци (SF)

Во метаморфниот комплекс на планините Плауш-Смрдеш, констатирани се различни шкрилци: кварцно-серицитски, серицитски, хлоритски, амфиболско-епидотски, кварцно-хлоритски, серицитско графитични шкрилци и сл. Сите овие метаморфни шкрилци се филитични, а се сменуваат со карбонатни шкрилци, циполини и мермери.

Шкрилесто - карбонатна серија (FM)

Развиена е на Плачковица во околината на Радовиш и на планината Смрдеш. Некогаш престставувала една целина, а покасно со тектонските процеси е раздвоена со Радовишката котлина. На Смрдеш лежи конкордантно преку микашистите, а на Плачковица е во тектонски однос со микашистите. Шкрилеста карбонатната серија има сива, светлосива до жолтеникава боја, а на места се застапени карбонатните карпи со сиво-бела или бела боја. Во склопот на серијата влегуваат разни шкрилци со филитичен изглед, карбонатни шкрилци, циполини и мермери. Шкрилците имаат сиво-зелена, сиво-жолтеникава боја и шкрилеста текстура условена со тенки низи на серицит и кварц. Во составот на шкрилците најчесто учествуваат кварц и серицит, глиновита материја, мускувит и фелдспат. Зависно од учеството на споменатите состојки тие се детерминирани како кварцно-серицитски шкрилци, серицитско-глиновито-кварцни шкрилци, кварцни шкрилци и др. Структурата им е гранобластична или лепидобластична.

Циполинин (Mm)

Имаат сивожолтеникава боја до жолтеникава боја. Масивни се или шкрилести, со лиски од мускувит изградени се претежно од калцит, а потоа плагиоклас, мускувит, хлорит, каврц и др. Структурата им е гранобластична.

Кварц-серицит-хлоритски шкрилци (Sse)

Овие карпи лежат конкордантно изнад филитите и карбонатните шкрилци. Тоа се плочести карпи со шкрилеста тесктура сивозелена боја и свилест сјај. Минералниот состав е претставен со ситнолистест серицит, хлорит и кварц, кој најизменично се мешаат, а ориентирани се во правец на шкриљавоста. Структурата им е микролепидобластична, условена од серицит и хлорид.

Филити и метапесочници (F)

Над шкрилиестите метагброви лежат конкордантно филити и метапесочници. Тоа се највисоките делови од стар палеозоик на овој терен. Врз нив лушпесто најавнале метаморфисани риолити издвоени се североисточно од Радовиш. Филитите се трошни, тенко листести и лесно се цепат долж шкриљавоста. Меѓу филитите се определени алевролитски типови, аргилошитски, серицитско-глинени шкрилци кои се сменуваат со интензивно метаморфисаните песочници, грубозрнестите субаркози и субграуваки, а поретко со конгломерати. Нај застапени литолошки членови се филитите, додека песочниците се повеќе застапени во горните делови на оваа картирана единица. Метаморфните промени укажуваат на регионален карактер, во главно од ниско метаморфен тип.

Крупнопорфирски метариолити (X')

Метаморфозираниите крупно порфирски риолити се наоѓаат на планината Плачковица, (река Сирава) кота 612, Карман Тарла. Овие метариолити се доста ушкрилени, а за разлика од предходните шкрилести метариолити имаат по крупни фено кристални зрна со димензија од околу 0.5 sm, а поретко и до 1 sm. По боја се розеникаво-сиви, сиво-розеникави, темносиви-мрки. Имаат јасно изразена порфирска структура, каде како фено кристали се јавуваат калиски фелспати ортокласи ($-2V=68^\circ$) и микроклин ($-2V=77^\circ$), кои се делумно перитизирани. Поретки се плагиокласите (албити до 8 %) кварц. Од модалните анализи може да

се виде дека фено-кристалите присуствуваат со околу 20 %, а основата до 80 %. Основната маса на карпата е крупно до средно зрнестса, составена од кварц и фелдспати, а поретко се среќаваат биотит и мусковит.

Аплитоидни гранити (γ)

Ситнозрнестите аплитоидни гранити ги среќаваме како пробои во крупно зрнестите биотитски гранити. Контактите помеѓу крупно зрнестите гранити и овие карпи се лесно воочливи и остри обично се јавуваат во помали и поголеми жици, ориентирани во правец СЗ-ЈИ, при што ги сечат постоечките структури во крупно зрнестите биотитски гранити. Овие гранити имаат масивни ситно зрнести текстури со светло-розева боја. Имаат хипидоморфнозрната структура и гранитски состав од: кварц, ортоклас, плагиокаласи, поретко микроклин ($-2V=72-85^\circ$). Калиските фелдспати кои се количински доста застапени од 45-55 % се јавуваат во двојни близнаци и вклопуваат поситни зрна на плагиоклиси и кварц. Плагиокаласите имаат хипидоморфна форма и нивната присутност е поретка во однос на калиските фелдспати (од 2-16 %), додека кварцот е ксеноморфен и знатно поситен од претходните. Кварцот учествува со околу 10 до 42 %. Листетските минерали се многу поретки. Преставени се со биотит и мусковит, а сконцентрирани во низови и агрегати ретко како самостални зрна. Апсолутната старост на овие гранити врз основа на едно мерење, одговара на 111 милиони години (долна креда-АПТ).

7.4. КРЕДА

Турон-варовници (K_2^2)

Песочниците се најзастапени литолошки членови меѓу туронските седименти. Најчесто се ситнозрнести, ретко среднозрнести, додека крупнозрнести се јавуваат таму каде фацијално поминуваат во конгломерати или песокливи варовници. Ситнозрнести карбонатни песочници се плочести, многу добро услоени и во многу потсетуваат на песочниците од флишната серија на сенон.

7.5. ПАЛЕОГЕН

Горно еоцентските седименти се доста распространети и завземаат повеќе од 20 % од целата картирана површина, се појавуваат по должината на ЈЗ падина на планината Серта.

Жолти песочници (А), горна зона на флишот (В) (⁴Е₃)

Оваа седиментна серија е веројатно таложена во времето на динамичната седиментација кога доаѓало до јаки струења на вода, поради што пелитските седименти не се развиени. Може да се претпостави дека пелитските седименти се однесувани и мешани со суспензијата, така што тој материјал влегол во состав на песочниците. Во жолтите песочници не се забележуваат флишни карактеристики, освен некои ретки текстурни знаци, како што се траги на бранување, подморски свлечувања и ретко градациона и ламинациона слоевитост. Тие се составени од ситнозрнести и доста ситнозрнести варовити песочници што монотонно се сменуваат без некаква правилност на гранулометриските издвојувања. Составот на овие песочници е уедначен и меѓусебно се разликуваат само по големината на зрното: многу ситнозрнести варовити песочници 80 %, ситнозрнест варовит песочник 20 %.

Пирокластички (θ)

Ова се андезитски туфови и туфити, кои што поради сменувањето не можат посебно да се издвојат. Просторно ги завземаат пониските делови на вулканските масиви по јаругите и долините на потоците, каде завлегуваат во вид на јазик околу вулканските купи. Составени се од вулкански и теригени честички, меѓу кои преовладуваат честички од вулканско потекло(околу 70 %).

Андезити (α)

Андезитските карпи се наоѓаат помеѓу селата Шопур, Ново Село, Брест, Д. Врштица, каде формираат низа од купести облици (Руево брдо, Пилав Тепе, Плоча, Вељавица, Орлова Глава, Трескавичка Чука и др.) со правец СЗ-ЈИ. Покрај споменатите локалности во близината на с. Бучим, се наоѓаат помали андезитски

тела како пробои во гнајсевите. Андезитите имаат сива, светло-сива до сиво-зеленикава боја, со изразито порфирска структура и масивна текстура. Како фено кристали во основната маса се гледаат плагиокаласи (андезин), кои што се доста застапени и големи до 15 mm, потоа црни пругави кристали на амфиболи, долги до 5mm. и црни лиски на биотит, големи до 3 mm. Структурата на андезитите е најчесто хипокристалеста порфирска, а поретко холокристалеста порфирска.

7.7. ТЕРЦИЕР

Плиоценските седименти помалку ги наоѓаме по ободот на Радовишко поле. Спрема литолошкиот состав и суперпозиционата положба во овие седименти може да се издвои една суперпозициона серија: песоклива серија ³PI.

Песоклива серија (³PI)

Нешто помала површина на крајниот дел на Радовишкото поле го покриваат овие седименти во околината на селата: Раклиш, Воиславци, Ињево, Погулево и Дедино. Песокливата серија е хомогена, составена предимно од песоци со жолта боја, и доста мал процент чакалести песокливити глинци и ситно-зрнести песочници. Спрема вертикалниот профил од дваа серија, во многубројните дупнатини и на откриените профили се забележува дека долните делови се со различен литолошки состав, а повисоките се хомогени и составени скоро исклучиво од песоци. Процентуланата застапеност на литолошките членови изнесува: песочник 8 %, песок 51 %, суглина 8 %, супесоци 9 %, карбонантана глина 13 %, и глина 11 %. Песочниците што се доста чести во долните делови на серијата, во средниот дел скоро сосема се губат и се јавуваат во вид на две до три плочи, дебели 0,5-1 метар, во повисоките делови на серијата. Останатите состојки, што ги има околу 16 % претставуваат премин помеѓу песоци и глини, односно тоа се силно песокливи глини или силно глиновит песок.

Плиоценски глини (Pl₃)

Плиоценските седименти се развиени на големо пространство, исполнувајќи ја Рдовишката котлина. Над целото пространство, плиоценските седименти налегнуваат трансгресивно над постарите метаморфни, седиментни и магматски карпи. Преставени се со груб териген материјал: чакали, песоци, песокливи глини, глини, лапорци и варовници. Тие се слабо поврзани, делумно обработени и помешани со песокливо-глинест материјал. Всушност претставуваат помешаност на песокливо-глинести и карбонантни седименти кои фаџијално се преплетуваат хоризонтално и вертикално. На геолошката карта не се оконтурени поедини литолошки членови, а само назначени локалитети на нивното постоење, бидејќи сменувањето и мешањето е изразито образувајќи една езерска фаџија. Откриени изданци на плиоценски седименти наоѓаме на обете страни (ободот) на Радовишко-Струмичката котлина. На јужниот обод се развиени песоци со сивожолта боја, поретко чакали, а на северниот дел од котлината наоѓаме груби чакали песоци и ретки глини, кои се најчесто темно црвени обоени.

7.8. КВАРТЕР – холоцен

Квартерните наслаги завземаат доста големи количини во областа на Радовишка котлина како и долж речните токови. Овие творби се од хетероген состав, во кој се издвојуваат повеќе генетски типови:

Средна речна тераса (t1)

Наслаги од средна речна тераса се развиени во Радовишката депресија. Претставени се со грубо сортиран материјал со жолто и жолто-кафеава боја. Најчесто се застапени глини, суглини, со прослојки на песоци и чакали. Овие наслаги се јавуваат на височина до 30 метри.

Долна речна тераса (t2)

Наслаги од долна речна тераса се развиени исто така во Радовишката депресија. Претставени се со глинест материјал, измешан со чакали и песоци. Во горниот тек на реките, составот на наслагите од овој комплекс на теренот е погруб и полошо сортиран. Височината на овој комплекс на терен изнесува до 10 метри.

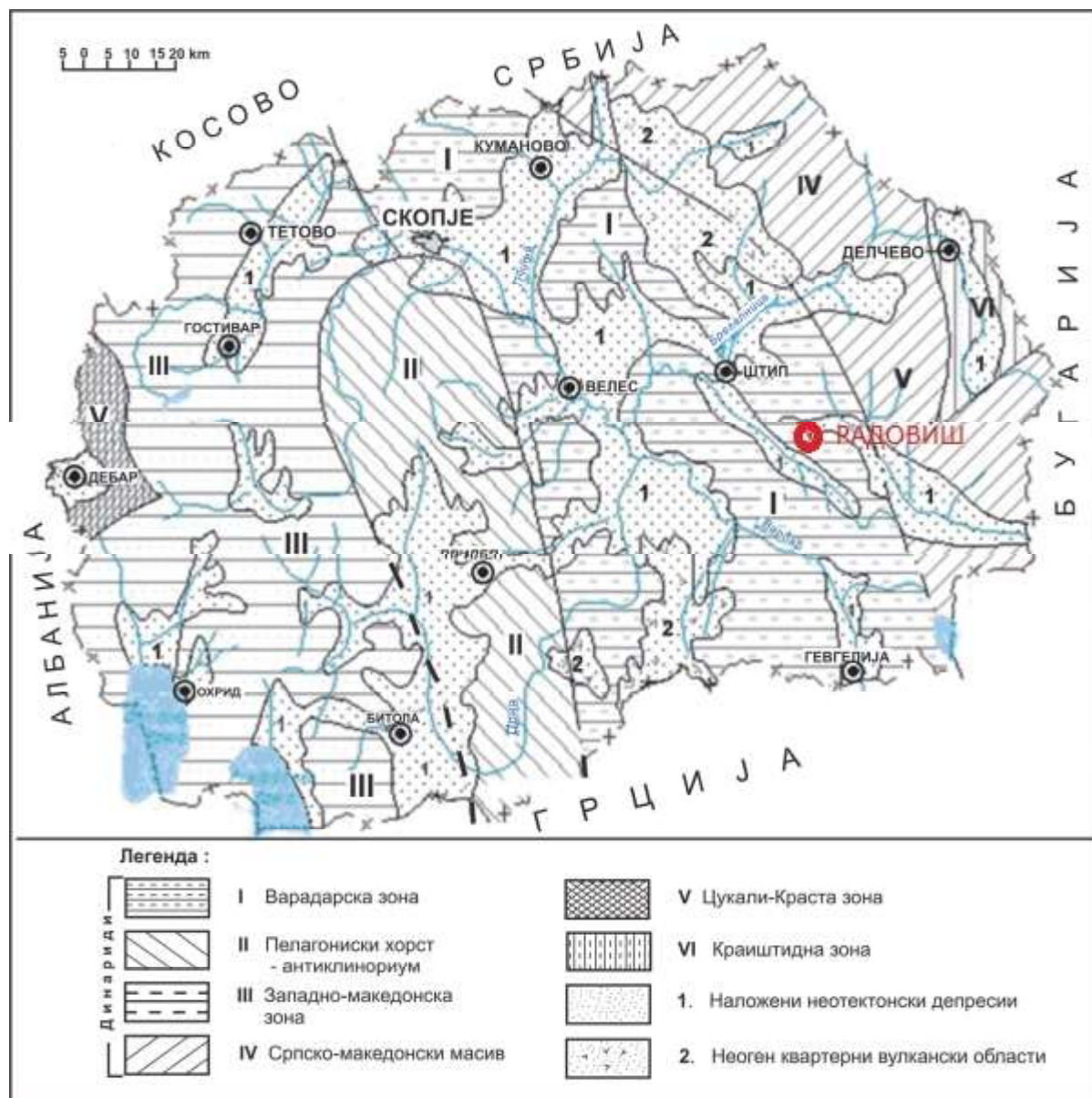
Пролувиум (Pr)

Овие творби се мошне развиени на потегот од с. Ораовица до с. Злеово и во близина на с. Калугерица, пролувијалните наслаги се изградени од слабо обогатени и необработени парчиња на метаморфни и магматски карпи, придружени со чакали, суглини и песоци.

Алувиум (Al)

Алувијалните современи наслаги се тесно поврзани со речните корита и претставени со чакали и песоци, кои водат потекло од карпите низ кои течат реките. Овие се меѓусебно измешани и не сортирани, при што во горните токови на реките преовладува груб материјал, а во долните токови делумно обработен и поситен материјал.

8 ТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ



Слика 3. Карта на тектонска реонизација на Република Македонија
(Арсовски М. 1997)

Figure 3. Map of tectonic reonization of the Republic of Macedonia
(Arsovski M. 1997)

Истражуваното подрачје на Радовишка котлина припаѓа на две крупни геотектонски единици и тоа на Српско-Македонскиот масив и Вардарска зона (сл.3). Со развојот на концепцијата „тектоника на плочи“. Вардарската зона се претставува како субдукциона зона која се подвлекува под Српско-Македонскиот масив кон исток или како рифтова зона (Арсовски, М. и Думурџанов, Н. 1984 и др.). Во рамките на оваа зона, одделни сегменти се претставени со предбајкалскиот комплекс, кој е широко застапен во Пелагонискиот хорст-антиклинориум (гнајсеви, микашисти, циполини и калцитски и доломитски мермери).

Радовишки грабен - во СИ дел се протега Радовишката котлина, која што кон ЈИ се проширува и преминува во Струмичкиот грабен. На испитуваниот дел таа е изградена од неогени и квартерни седименти што имаат хоризонтална положба.

Струмичко-Радовишки ров - Струмичко-Радовишката котлина по својата генеза, претставува типичен тектонски ров, настанат со спуштање на дел од теренот, помеѓу два големи паралелни раседи. Еден од овие раседи оди по северниот обод на Беласица а другиот по јужниот обод на Огражден. Мошне значаен и изразит е раседот на Беласица со голем вертикален скок и голема должина. Протегањето на ровот е исток-запад со свртување кон СЗ и напечно ги сече структурите од Српско-Македонската маса и Вардарската зона. **Подарешки расед** - има протегање СЗ-ЈИ. Во крајниот северозападен дел овој расед е формиран помеѓу прекамбриски и рифеј-камбриски творевини и се манифестира со вертикално симнување на двоискунски тракасти гнајсеви во однос на зелени карпи. Во правец ЈИ по овој расед дојдено е до симнување на еден дел од Струмичко-Радовишката котлина.

9. ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА НА РАДОВИШКА КОТЛИНА

Хидрогеолошката градба на пошироката околина на Радовишката котлина е прикажана на хидрогеолошка карта во размер од (1 : 100 000) (Прилог-2). Хидрогеолошката карта е изработена според податоците од ОГК на Р.М лист Струмица и лист Кавадарци во размер (1 : 100 000) како и врз основа на податоците добиени од досегашните регионални хидрогеолошки истражувања.

Според структурниот тип на порозност кој се јавува во карпите можат да се издвојат:

- **збиен тип на водоносници**
- **карстно-пукнатински тип на водоносници**
- **пукнатински тип на водоносници**
- **условно водонепропусни карпи**

ЗБИЕН ТИП НА ВОДОНОСНИЦИ

Збиениот тип на водоносници е формиран во карпите од неоген - квартерна старост во кои е присутна интергрануларната порозност. Овие карпи се претставени со: алувијални, пролувијални, речно терасни и плиоценски седименти, кои се изградени од пескливо-глиновито чакалести наслаги. Според издашноста на теренот по податоците од хидрогеолошката карта на РМ во размер 1 : 200 000 Ѓузелковски Д. и Котевски Ѓ. (1977) во рамките на збиениот тип на водоносници се издвоени:

- **Добро водопрпусни преку 10 l/s и $K_f = > 10^{-2}$ cm/s**
- **Средно водопрпусни од 1-10 l/s и $K_f = 10^2 - 10^3$ cm/s**
- **Слабо водопрпусни од 0.1-1 l/s и $K_f = < 10^{-3}$ cm/s**

Добро водопрпусните се изградени од алувијалните седименти кои се наоѓаат околу Стара река Радовишка.

Средно водопрпусни на истражуваниот простор завземаат поголем простор и тие се претставени со седиментите изградени од старите речни тераси.

Слабо водопрпусните се наоѓаат на теренот кој е изграден од пролувијални наслаги, песоклива серија и глинени наслаги кој се среќават по ободните делови на Радовишка котлина. Плиоценски седименти се јавуваат на површината на теренот и зафаќаат мал дел од Радовишко поле. Во целина плиоценските седименти се сврстени во класата на слабо водопрпусни неврзани карпи.

КАРСТНО - ПУКНАТИНСКИ ТИП НА ВОДОНОСНИЦИ

Карстно-пукнатинскиот тип на водоносници се јавува во палеозоиските мермери и карбонатни шкрилци. Мермерите и карбонатните шкрилци се јавуваат во вид на дебели траки од неколку десетини до неколку стотини метри. Овој тип на водоносници се карактеризира со мошне променлива издашност.

ПУКНАТИНСКИ ТИП НА ВОДОНОСНИЦИ

Пукнатинскиот тип на водоносници е формиран во цврстите метаморфни магматски и седиментни карпи од прекамбриска, палеозоиска, мезозоиски и кенозоиска старост во кои има развиено пукнатински тип на порозност. Во површинските делови во овие карпи има развиено пукнатини и прслини со различни димензии и правци на протегање кои настанале како резултат на тектонските движења. Овие карпи во плитките делови претставуваат слабо водопрпустлива средина и немаат можности за акумулирање на поголеми количини на подземна вода. Карпите во кои е формиран пукнатинскиот тип на водоносници спаѓаат во групата на слабо издашни терени со извори чија издашност претежно е $Q \leq 1 \text{ l/s}$.

УСЛОВНО ВОДОНЕПРОПУСНИ КАРПИ

Во рамките на условно водонепропусните карпи кој се појавуваат западно од Радовиш во околината на с. Дамјан се издвоени горноеоценски седименти преставени со: конгломеративен флиш и жолти песочници долна зона на флишот. Зоната на конгломеративниот флиш има доста хетероген состав. Седиментите од долната зона на флишот се развиени само по должината на ЈЗ падини на планината Серта.

10. ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА ЗА ВОДИ

Управувањето со водите во полето на политиката за води се регулирани со Европското и Македонското законодавство.

Европската правна рамка е дадена во два дела, во првиот дадена е општата законска рамка за управување со водите, а во вториот дел на кратко се опишани главните специфични директиви за користење на водата, управувањето со површинските води и заштита на водата.

Законот за водите ("Службен весник на РМ" бр.57/2008 год.) утврдува правна основа за донесување на релевантните подзаконски акти, со кои ќе се регулираат во детали различни услови, процедури, стандарди и мерки или врз основа на кои постојните ќе бидат ревидирани, со цел да се постигне согласност со новите цели, стандарди и мерки предвидени во релевантните Директиви на ЕУ, се применуваат акти на подзаконската легислатива (Уредба за категоризација на водотеци, езера, акумулации и подземни водни ресурси ("Службен весник на РМ" бр 18/99), Уредба за категоризација на водата ("Службен весник на РМ" бр 18/99).

10.1. МАКЕДОНСКА ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА

ГРАНИЧНИ ВРЕДНОСТИ ЗА КЛАСИФИКАЦИЈА НА ВОДИТЕ

Согласно уредбата за класификација на водите од 23 март 1999 година, се врши класификација на површинските води (водотеците, езерата и акумулациите) и на подземните води.

Според намената и степенот на чистотата водите од оваа уредба се распоредуваат во 5 класи, и тоа:

1. **Прва класа** многу чиста, олиготрофична вода,
2. **Втора класа** малку загадена, мезотрофична вода
3. **Трета класа** умерено еутрофична вода,

4. **Четврта класа** силно еутрофична, загадена вода,

5. **Петта класа** многу загадена, хипертрофична вода, која во природна состојба не може да се употребува за ниедна намена.

Граничните вредности на штетните и опасните материи според оваа уредување се прикажани во (Табела 1).

Показателите за класификација на водите во класи, според член 2 на оваа уредба се:

- Органолептички показатели: видливи отпадни материи, видлива боја, забележлива миризма, вистинска боја, матност и провидност,
- Показатели на киселост: pH вредност и алкалитет;
- Показатели на кислороден режим: растворен кислород, заситеност со кислород, петдневна биохемиска потрошувачка на кислородот при температура од 20 °C (БПК₅), хемиска потрошувачка на кислород од калиев перманганат, вкупен органски јагленород;
- Показатели на минерализација: суспендирани материи, вкупен сув остаток од филтрирана вода (вкупни растворени материи):
- Показатели на еутрофикација: вкупен фосфор, вкупен азот, хлорофил. примарна продукција, степен на сапробност, индекс на сапробност и степен на биолошка продуктивност:
- Показатели на микробиолошко загадување: најверојатен број на термотолерантни колиформни бактерии:
- Радиоактивност: Вкупната активност на течните радиоактивни отпадни материи кои во текот на една година можат да се излеваат во површинските води-водотеци, се пресметува според посебен образец:
- Штетни и опасни материи: метали и нивни соединенија, останати неоргански параметри, феноли, јагленоводороди, халогени јагленоводороди, нитрирани јагленоводороди, пестициди, останати органски соединенија.

Табела 1. МДК на штетни и опасни материи

Table 1. Maximum permissible concentrations of harmful and dangerous substances

Ред.бр.	Штетни и опасни материи	Единица мерка	МДК 1-2 класа	МДК 3-4 класа	МДК 5 класа
1.	Al	µg/L Al	1500	1500	>500
2.	Sb	µg/L Sb	30	50	>50
3.	As	µg/L As	30	50	>50
4.	Cu	µg/L Cu	10	50	>50
5.	Ba	µg/L Ba	1000	4000	>4000
6.	Be	µg/L Be	0,2	1	>1
7.	Bi	µg/L Bi	50	50	>50
8.	Zn	µg/L Zn	100	200	>200
9.	Cd	µg/L Cd	0.1	10	>10
10.	Co	µg/L Co	100	2000	>2000
11.	Sn- неоргански	µg/L Sn	100	500	>500
12.	Cr-вкупен	µg/L Cr	50	100	>100
	Cr ⁶	µg/L Cr ⁶	10	50	>50
13.	Mn	µg/L Mn	50	1000	>1000
14.	Mo	µg/L Mo	500	500	>500
15.	Ni	µg/L Ni	50	100	>100
16.	Pb	µg/L Pb	10	30	>30
17.	Pd	µg/L Pd	3	20	>20
18.	Ag	µg/L Ag	2	20	>20
19.	Ta	µg/L Ta	3	30	>30
20.	Ti	µg/L Ti	100	100	>100
21.	V	µg/L V	100	200	>200
22.	Fe	µg/L Fe	300	1000	>1000

23.	Нг-вкупна	µg/L Hg	0,2	1	>1
II.	Останати неоргански параметри				
24.	Амонјак	µg/L NH ₄	20	500	>500
		µg/L NH ₄	1000	10 000	>10 000
25.	Азбест	µg/L	Не смее	Да биде	присутен
26.	Бор	µg/L B	200	750	>750
27.	Цијаниди	µg/L CN ⁻	1	100	>100
28.	Флуориди	µg/L F	300	1500	>1500
29.	Фосфор	µg/L P	0,01	0,1	>0,1
30.	Хлор	µg/L Cl ₂	2	10	>10
31.	Нитрати	µg/L N	10 000	15 000	>15 000
32.	Нитрити	µg/L N	10	500	>500
33.	Селен	µg/L Se	10	10	>10
34.	Сулфиди вкупни	µg/L S ²⁻	2	50	>50

ЕВРОПСКА ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА

За целите на оценување на подземните води и хемиските состојби во согласност со прописите од 39-43, ќе бидат наведени стандардите за квалитетот во регулатива 40 (а) и се утврдени во согласност со член 17 од директивата 2000/60/ЕС. Прописите од 2007 год. ги земаат во предвид критериумите за оценување на хемиската состојба на подземните води утврдени во регулатива 40.

Граничните вредности на штетни и опасни материи за подземните води според европската законска регулатива се прикажани во (Табела 2).

Табела 2. Максимално дозволени концентрации (МДК) за штетни и опасни материи за подземни води според европската регулатива.

Table 2. Maximum allowed concentrations for harmful and dangerous materia for underground waters according to the european regulatives.

Елементи	Единица мерка	Европска регулатива
1. Al	µg/L	150
2. As	µg/L	7,5
3. B	µg/L	750
4. Ba	µg/L	/
5. Cu	µg/L	1500
6. Fe	µg/L	/
7. Mn	µg/L	/
8. Ni	µg/L	15
9. Pb	µg/L	18,75
10. Sr	µg/L	/
11. V	µg/L	/
12. Zn	µg/L	/

13.Электропроводность	µs/cm	800-1875
14. NO ₂ ⁻	µg/L	375
15. NO ₃ ⁻	mg/L	37,5
16. Cl	mg/l	187,5
17. SO ₄	mg/l	187,5
18. Na	µg/L	150

11. ЛОКАЦИЈА НА ЗЕМЕНИ ПРОБИ

За определување на содржините на тешките и токсичните метали во подземните води на Радовишката котлина е направена одредена шема на земање на проби. Вода се земаше од 67 пункта, односно мерни точки така да вкупниот број на земени проби за хемиска анализа е 67. Локациите на земените проби дадени се на топографската карта (Прилог-3). На табела 3 прикажани се местата од каде што се земени примероците на подземна вода, заедно со координатите по x и y . Сликите со редни броеви од 60 до 126 се прикажани во прилог 4 во фотографии на локации од кои се земани пробите.

Табела 3. Координати на локациите од земени проби од Радовишка котлина.

Table 3. Coordinates of locations from trials taken from Radovich valley.

Објект	Локација	Y	X	Длабочина на Објекти	Ниво на подземни води	Издашност на извори
1. Копан бунар Б.1	с. Д. Инјево	7620114	4608587	7 m.	2 m.	/
2. Копан бунар Б.2	с. Д. Инјево	7619888	4608670	10.5 m.	0.5m.	/
3. Копан бунар Б.3	с. Д. Инјево	7619541	4608747	15 m	1m.	/
4. Копан бунар Б.4	с. Д. Инјево	7619400	4669135	7m.	2m.	/
5. Копан бунар Б.5	с. Д. Инјево	7619448	4608845	11m.	1,5m.	/
6. Копан бунар Б.6	с. Д. Инјево	7619479	4608832	10m.	1,5m.	/
7. Копан бунар Б.7	с. Г. Инјево	7619022	4607888	4m.	1m.	/
8. Копан бунар Б.8	с. Г. Инјево	7619000	4607927	17,5m.	9m.	/
9. Копан бунар Б.9	с. Г. Инјево	7618951	4607899	5m.	2m.	/
10. Извор И.1	с. Г. Инјево	7619031	4607940	/	/	0.5 L. /s.
11. Копан бунар Б.10	с. Г. Инјево	7619098	4607865	7m.	2m.	/
12. Копан бунар Б.11	с. Д. Инјево	7619850	4608611	12m.	2,5m.	/
13. Копан бунар Б.12	с. Д. Инјево	7619877	4608608	14m.	5m.	/
14. Копан бунар Б.13	с. Д. Инјево	7619537	4608718	12m.	3m.	/
15. Копан бунар Б.14	с. Воиславци	7623037	4605436	5m.	1,5m.	/
16. Копан бунар Б.15	с. Воиславци	7623148	4665733	8m.	1m.	/
17. Копан бунар Б.16	с. Сулдурци	7624456	4605630	11m.	4m.	/
18. Копан бунар Б.17	с. Сулдурци	7624539	4605694	8m.	4m.	/
19. Копан бунар Б.18	с. Калугерица	7626907	4060442	8m.	2m.	/
20. Копан бунар Б.19	с. Калугерица	7627081	4604470	12m.	2m.	/
21. Копан бунар Б.20	с. Г. Злеово	7634058	4602883	11m.	8m.	/
22. Копан бунар Б.21	с. Г. Злеово	7634076	4602924	6m.	3m.	/
23. Копан бунар Б.22	с. Г. Злеово	7634063	4602851	6,5m.	4,5m.	/
24. Копан бунар Б.23	с. Г. Злеово	7634085	4602968	8m.	7m.	/
25. Копан бунар Б.24	с. Г. Злеово	7634050	4602934	8,5m.	6m.	/

26. Копан бунар Б.25	с. Г. Злеово	7634052	4602969	6m.	2m.	/
27. Копан бунар Б.26	с. Г. Злеово	7634071	4602832	17m.	5m.	/
28. Копан бунар Б.27	с. Г. Злеово	7634085	4602564	8,5m.	2,5m.	/
29. Копан бунар Б.28	с. Покрајчево	7631606	4604491	9m.	4m.	/
30. Копан бунар Б.29	с. Покрајчево	7631337	4604504	13,5m.	3,5m.	/
31. Копан бунар Б.30	с. Јаргулица	7630652	4606248	16m.	3m.	/
32. Копан бунар Б.31	с. Подареш	7629031	4609000	8m.	1m.	/
33. Копан бунар Б.32	с. Подареш	7628711	4609176	9,5m.	2m.	/
34. Копан бунар Б.33	с. Подареш	7628984	4608720	6m.	2m.	/
35. Копан бунар Б.34	с. Подареш	7628768	4608974	12m.	3m.	/
36. Копан бунар Б.35	с. Подареш	7628607	4609076	19m.	2m.	/
37. Копан бунар Б.36	с. Ораовица	7626552	4609180	7m.	1m.	/
38. Извор И.2	с. Ораовица	7626163	4612186	/	/	2L. / 7s.
39. Извор И.3	с. Ораовица	7626179	4612310	/	/	8L. / s.
40. Копан бунар Б.37	с. Ораовица	7626164	4612396	9m.	9m.	/
41. Извор И.4	с. Ораовица	7625057	4610791	/	/	1L. / 18s.
42. Извор И.5	с. Калаузлија	7624859	4615821	/	/	1L. / 60s.
43. Копан бунар Б.38	с. Раклиш	7624020	4160430	12m.	1m.	/
44. Цевен бунар Б.1	с. Раклиш	7624081	4610466	20m.	15m.	/
45. Копан бунар Б.39	с. Раклиш	7624044	4610722	6m	1m.	/
46. Пумпа П.1	с. Раклиш	7624145	4610829	7,5m.	4,5m.	/
47. Цевен бунар Б.2	с. Раклиш	7623943	4610667	50m.	/	2L./s.
48. Копан бунар Б.40	с. Раклиш	7623900	4610707	8m.	1m.	/
49. Пумпа П. 2	Радовиш	7622896	4611782	6m.	3m.	/
50. Пумпа П. 3	Радовиш	7622609	4611576	12m.	2m.	/
51. Пумпа П. 4	Радовиш	7622214	4611679	7,5m.	3m.	/
52. Копан бунар Б.41	Радовиш	7622158	4611975	7,5m.	1m.	/
53. Пумпа П. 5	Радовиш	7622216	4611701	6,5m.	6m.	/
54. Пумпа П. 6	Радовиш	7621913	4611984	8m.	6m.	/
55. Пумпа П. 7	Радовиш	7621938	4611866	6m.	1m.	/
56. Пумпа П. 8	Радовиш	7621821	4612506	6m.	5m.	/

57. Пумпа	П. 9	Радовиш	7621931	4612012	7m.	5m.	/
58. Пумпа	П.10	Радовиш	7622735	4611410	6m.	4m.	/
59. Пумпа	П.11	Радовиш	7622176	4611679	6m.	5m.	/
60. Копан бунар	Б.42	Радовиш	7622336	4612227	12m.	2m.	/
61. Копан бунар	Б.43	Радовиш	7621827	4612124	7m.	1m.	/
62. Извор	И. 6	с. Али коч	7619381	4616401	/	/	0,5L./60s.
63. Извор	И. 7	с. Коџалија	7618697	4617430	/	/	0,5L./10s.
64. Пумпа	П.12	с. Топлница	7615169	4613450	17m.	2m.	/
65. Извор	И. 8	с. Топлница	7615184	4612725	/	/	1L. / 8s.
66. Пумпа	П.13	с. Дамјан	7611525	4610846	15m.	10.5m.	/
67. Извор	И. 9	с. Дамјан	7611749	4610716	/	/	1,5L./10s.

11. КВАЛИТЕТ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ НА РАДОВИШКА КОТЛИНА

Познавањето на содржината на тешките и токсични метали и физичко-хемиските карактеристиките на подземните води на Радовишка котлина е од посебно значење, бидејќи овие води преку извори, бунари, пумпи и цевни бунари се користат од страна на жителите како вода за пиење и за наводнување. За определување на квалитетот на подземните води од испитуваниот терен, земани се еднократни примероци на претходно определените пунктови во текот на месец март - април 2012 г. така да вкупниот број на земени проби за анализа е 67. Земени се проби од подземните води од 45 копани бунари, 9 извори, 11 пумпи и 2 цевни бунара. На слика 4, 5 и 6 е прикажано земање на проби од: пумпа, бунар и извор. Сите примероци се земани во шишиња изработени од хемиски инертен материјал, чиј состав не влијае на составот на водата за анализа, со волумен од 2 литра, претходно промиени со азотна киселина (1:1), водоводна и дејонизирана вода (3). Пред земање на примероците, шишињата се промиваат три пати со по 1/3 од водата која треба да се примеркува и анализира. Земените примероци вода се транспортираат до лабораторијата во најкраток временски рок, но не подолго од 12 часа од земањето на примероците. Со цел да се зачува оригиналниот состав на испитуваните примероци колку што е можно поверодостојно и да се зачува соодносот помеѓу одделни компоненти, примероците се конзервираат со додавање на концентрирана азотна киселина, $c(\text{HNO}_3) = 15.8 \text{ mol/l}$ до pH 2 (2 ml на 2 L примерок) за потребите на одредување на катјонскиот состав.

Инструментот на кој се вршени анализите е Libery model 110 од фирмата Varian со стаклено-концентричен распрскувач.

Во табела 4 се прикажани концентрации на тешки и токсични метали во пробите од подземни води од Радовишка котлина.

Во групата на тешки и токсични метали кои се одредени во пробите од подземните води од Радовишка котлина се: Al, As, Fe, Cu, B, Ba, Mn, Ni, Pb, Sr, V, и Zn.

Физичко - хемиски анализи - Во земените 67 примероци вода одредувани се следниве параметри: Температура, pH, вкупно растворени соли (TDS) од филтрирани примероци, *вкупна тврдина*, алкалност, катјонски состав (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , NH_4^{+}), и анјонски состав: HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^{-} , NO_2^{-} .

Физичките параметри T, pH и електричната спроводливост се одредени при самото земање на примероците со теренски дигитален pH метар калибриран со пуферски раствори во три точки, пуфер со pH 4,2 ; 7 и 10. За одредување на анјонскиот квалитет на подземните води се користени стандарни методи EPA (гравиметриска - TDS, волуметриска - Cl^{-} , спектрофотометриски - NO_3^{-} , NO_2^{-} , NH_4^{+} и турбидиметриска - SO_4^{2-} со спектрофотометар (6715 UV/VIS, Jenway).

Во табела 5 се прикажани физичките параметри, концентрациите на катјоните и анјоните од пробите на подземните води од Радовишка котлина.



Слика 4. Земање примерок на вода од пумпа за хемиска анализа
Figure 4. Taking sample from drinking water from pump for chemical analysis.



Слика 5. Земање на примерок на вода од копан бунар за хемиска анализа.

Figure 5. Takig sample from drinking water forwell chemical analysis .

.



Слика 6. Земање на примерок на вода од извор за хемиска анализа.

Figure 6. Takig sample from drinking water forwater source chemical analysis.

Табела 4. Концентрација на тешки и токсични метали во пробите на подземни води од Радовишка котлина .

Table 4. Concentration of and toxic metals in samples of underground wathers in the Radovich Valley.

Локалитет	Al ($\mu\text{g/l}$) ⁻¹	As ($\mu\text{g/l}$) ⁻¹	B ($\mu\text{g/l}$) ⁻¹	Ba ($\mu\text{g/l}$) ⁻¹	Cu ($\mu\text{g/l}$) ⁻¹	Fe ($\mu\text{g/l}$) ¹	Mn ($\mu\text{g/l}$) ⁻¹	NI ($\mu\text{g/l}$) ⁻¹	Pb ($\mu\text{g/l}$) ⁻¹	Sr ($\mu\text{g/l}$) ⁻¹	V ($\mu\text{g/l}$) ⁻¹	Zn ($\mu\text{g/l}$) ⁻¹
1.Д.Ињево Б.1	949	5	53	129	20	30	5	51	10	12930	182	42
2 Д.Ињево Б.2	868	20	33	103	5	5	5	31	10	16729	237	5
3. Д.Ињево Б.3	1037	16	76	79	5	4	5	22	10	13529	176	11
4. Д.Ињево Б.4	584	5	23	72	5	5	5	5	10	652	91	5
5. Д.Ињево Б.5	715	8	42	19	5	7	5	17	10	11862	242	12
6. Д.Ињево Б.6	1057	26	96	105	11	5	5	20	10	15530	164	5
7. Д.Ињево Б.11	918	96	137	80	11	19	5	54	10	14136	151	15
8. Д.Ињево Б.12	891	56	19	84	5	10	5	8	17	14240	161	7
9. Д.Ињево Б.13	1261	39	61	133	7	5	5	17	16	18341	129	21
10. Г.Ињево Б.7	453	29	10	23	5	78	42	5	10	324	70	5
11. Г.Ињево Б.8	636	12	7	6	14	5	5	20	27	568	144	32
12. Г.Ињево И.1	1430	10	9	61	10	5	5	5	10	17377	447	5
13. Г.Ињево Б.10	621	5	3	8	5	65	32	5	10	500	169	5
14. Г.Ињево Б.14	408	42	9	20	5	48	72	6	13	324	90	5
15.Г.Воиславци Б.1	261	65	37	40	7	5	5	17	10	203	245	12
16 Г.Воиславци Б.2	742	11	103	53	5	5	5	39	10	606	334	7
17.Сулдурци Б.1	572	30	85	70	5	5	5	18	10	640	256	48
18.Сулдурци Б.2	543	22	77	59	5	5	5	40	9	474	223	5
19.Калугерица Б.1	893	96	144	65	5	32	5	29	20	370	95	7
20.Кулугерица Б.2	779	25	101	63	5	7	5	16	18	15231	83	23
21.Г.Злеово Б.1	314	25	93	56	5	5	5	48	10	342	43	5
22 .Г.Злеово Б.2	515	41	126	79	5	5	5	18	21	892	88	9
23..Г.Злеово Б.3	467	6	215	97	8	5	5	7	10	10378	140	24
24. Г.Злеово Б.4	654	48	48	214	13	5	5	54	10	837	124	5
25. Г.Злеово Б.5	237	21	35	53	11	5	5	7	10	278	34	5
26.Г.Злеово Б.6	296	2	39	24	10	5	5	35	10	162	15	5

27.Г.Злеово	Б.7	30	5	165	24	5	5	5	39	10	376	133	13
28.Г.Злеово	Б.8	14	16	86	17	5	5	5	5	10	168	100	5
29.Покрајчево	Б.1	25	5	201	54	5	5	5	11	10	353	153	5
30.Покрајчево	Б.2	25	5	201	54	5	5	5	11	10	353	153	5
31.Јаргулица	Б.1	5	5	107	33	5	5	5	5	10	228	115	5
32.Подареш	Б.1	6	5	50	89	5	5	5	9	10	154	39	5
33.Подареш	Б.2	5	25	41	34	5	25	5	5	10	100	18	36
34.Подареш	Б.3	5	27	41	25	5	5	5	12	10	125	21	5
35.Подареш	Б.4	13	29	121	62	4	8	5	18	10	382	93	5
36.Подареш	Б.5	15	32	89	242	5	5	5	44	10	955	140	32
37.Ораовица	Б.1	12	5	15	19	5	5	5	5	10	454	21	5
38.Ораовица	И.1	5	5	11	19	5	5	5	12	10	493	20	5
39.Ораовица	И.2	5	5	12	19	5	5	5	23	10	479	22	5
40.Ораовица	Б.2	26	31	128	140	5	6	5	5	10	453	65	48
41.Ораовица	И.3	26	5	14	76	5	39	5	5	13	430	48	5
42.Калаузлија	И.1	10	12	14	6	5	5	5	13	11	335	13	5
43.Раклиш	Б.1	5	6	25	27	5	5	5	26	8	323	58	85
44.Раклиш	Д.1	17	5	27	82	5	5	5	9	10	945	130	5
45.Раклиш	Б.2	19	8	11	41	5	16	5	8	10	418	68	5
46.Раклиш	П.1	9	8	10	53	5	5	5	5	10	257	36	5
47.Раклиш	Д.2	15	5	15	24	5	5	5	33	10	371	66	5
48.Раклиш	Б.3	5	12	33	45	5	277	6	19	10	550	19	5
49.Радовиш	П.1	16	37	72	180	5	59	5	5	10	683	72	23
50.Радовиш	П.2	5	5	41	58	5	74	5	5	10	661	47	131
51.Радовиш	П.3	5	5	8	19	5	258	5	5	10	519	22	291
52.Радовиш	П.4	5	22	6	19	9	21	5	45	10	567	22	5
53.Радовиш	П.5	11	14	12	38	5	118	5	5	14	834	31	92
54.Радовиш	П.6	5	5	21	43	5	91	4	30	19	835	25	35
55.Радовиш	П.7	23	5	10	43	5	5	5	25	10	903	26	65
56.Радовиш	П.8	8	13	17	40	4	493	22	10	10	799	25	61
57.Радовиш	П.9	44	59	64	117	6	70	5	5	10	855	82	5
58.Радовиш	Б.1	67	5	68	211	5	32	5	5	13	441	122	20

59 .Радовиш Б.2	32	15	16	26	5	29	5	38	10	614	26	5
60. Радовиш Б.3	42	22	17	53	4	6	5	18	10	898	41	219
61.Радовиш Б.4	10	35	15	25	5	5	5	5	10	624	21	5
62.Али Коч И.1	5	5	8	23	5	205	5	23	10	130	20	5
63.Коџалија И.1	5	5	9	28	5	54	5	23	10	139	23	5
64.Тополница П.1	29	5	36	97	5	7	5	5	10	516	137	9
65.Тполница И.1	8	10	7	47	5	5	5	5	10	311	129	5
66.Дамјан И.1	160	5	14	40	5	9	5	34	10	361	98	5
67.Дамјан П.1	28	112	371	38	5	31	5	45	10	744	104	22
МДК	200	10	1000	700	2000	200	500	20	10		500	3000
Европска регулатива	150	7,5	750		1500			15	18,75			

Табела 5. Концентрација на катјони и анјони од пробите на подземни води од Радовишка котлина.

Table 5. Concentration of cations and anions from samples of wather from Radovich Valley.

Локалитет	T°C	pH (mg/l) ⁻¹	TDS (mg/l) ⁻¹	Ca (mg/l) ⁻¹ Катјони	Mg (mg/l) ⁻¹ Катјони	Na ⁺ (mg/l) ⁻¹ Катјони	K ⁺ (mg/l) ⁻¹ Катјони	HCO ₃ ⁻ (mg/l) ⁻¹ Анјони	Cl ⁻ (mg/l) ⁻¹ Анјони	SO ₄ ²⁻ (mg/l) ⁻¹ Анјони	PO ₄ ³⁻ (mg/l) ⁻¹ Анјони	NO ₃ ⁻ (mg/l) ⁻¹ Анјони	NO ₂ ⁻ (μg/l) ⁻¹ Анјони	NH ₄ ⁺ (mg/l) ⁻¹ Анјони
1. Д.Ињево Б.1	10	7,515	884	271	116	38,0	2,05	72	117	81	0,16	204	9	0,002
2 Д.Ињево Б.2	11	6,986	1041	165	141	129,0	1,09	255	116,5	78	0,094	213	3	0,002
3. Д.Ињево Б.3	8	7,236	1030	286	104	73,0	1,26	213	103,9	78	0,011	180	1	0,002
4. Д.Ињево Б.4	8	7,246	452	102	56	36,0	2,63	160	38,7	8	0,598	45	1	0,002
5. Д.Ињево Б.5	9	6,243	1095	160	146	136,0	2,36	540	37,8	8	0,35	40	6	0,002
6. Д.Ињево Б.6	10	6,916	841	171	102	70,0	2,46	198	86,5	73	0,269	135	4	0,002
7. Д.Ињево Б.11	11	7,483	916	229	143	60,0	1,54	232	74,3	60	0,622	122	1	0,002
8. Д.Ињево Б.12	11	7,453	836	235	132	45,0	0,78	160	54,3	43	0,257	172	2	0,002
9. Д.Ињево Б.13	10	7,48	674	125	155	21,0	6,43	152	99,1	82	0,094	33	12	0,002
10. Г.Ињево Б.7	10	7,546	326	103	42	16,0	1,53	144	22,6	4	0,016	5	9	0,002
11. Г.Ињево Б.8	9	7,31	736	160	83	56,0	1,3	186	72,2	82	0,016	89	10	0,002
12. Г.Ињево И.1	11	7,57	2252	733	250	103,0	4,17	259	241,3	194	0,557	477	9	0,002
13. Г.Ињево Б.10	11	7,063	771	221	100	33,0	1,26	91	97,8	165	0,011	81	9	0,002
14. Г.Ињево Б.14	10	7,253	576	109	61	52,0	3,31	129	34,3	33	0,193	143	1	0,018
15. Г.Воиславци Б.1	11	7,776	641	91	104	61,0	2,82	274	40,4	84	0,744	12	6	0,002
16. Г.Воиславци Б.2	12	7,573	1405	40	240	59,0	157,2	376	110,4	206	4,618	212	8	0,002
17. Сулдурци Б.1	11	7,656	1045	241	188	35,0	6,76	298	56,1	94	0,051	124	9	0,002
18. Сулдурци Б.2	11	7,546	1042	256	161	35,0	21,87	342	52,2	112	0,52	62	14	0,002
19. Калугерица Б.1	10	7,516	672	73	87	52,0	44,26	164	47,8	123	0,624	75	43	0,184
20. Кулугерица Б.2	9	7,83	468	74	72	25,0	9,54	216	23,5	21	0,131	12	49	0,211
21. Г.Злеово Б.1	8	7,033	570	83	20,8	30,8	56,11	159,7	115,1	48	4,75	82,05	12	0,025
22. Г.Злеово Б.2	9	7,003	1211	142	40,3	83,8	45,42	155,9	317,1	102	2,34	218,1	20	0,016
23. Г.Злеово Б.3	10	7,403	1517	139	63,2	114,7	124,0	235,7	386,4	158	1,76	228,4	18	0,025
24. Г.Злеово Б.4	9	7,606	1233	169	51,9	46,1	31,86	182,5	241,9	105	0,35	237,1	21	0,014

25. Г.Злеово	Б.5	8	7,36	426	62	15,3	22,0	32,80	216,7	103,6	35	2,59	43,88	25	0,025
26.Г.Злеово	Б.6	9	7,576	175	51	20,9	24,7	15,65	136,8	31,41	4	0,80	177,5	31	0,201
27.Г.Злеово	Б.7	9	7,35	1324	100	37,6	100,2	55,88	216,7	400,0	152	0,54	44,85	19	0,025
28.Г.Злеово	Б.8	11	7,25	1148	61	24,3	56,9	132,9	254,7	285,8	84	1,16	58,39	26	0,007
29.Покрајчево	Б.1	10	7,036	2047	219	78,7	149,5	149,5	2623	388,5	139	1,12	446,7	27	0,002
30.Покрајчево	Б.2	11	7,623	1768	231	78,7	163,6	150,1	239,5	512,1	129	1,12	456,6	31	0,012
31.Јаргулица	Б.1	12	7,403	1443	145	56,2	106,9	162,2	205,3	324,6	148	1,41	357,4	1	0,004
32.Подареш	Б.1	7	7	449	40	13,1	23,4	18,28	98,86	84,82	42	0,59	85,47	1	0,002
33.Подареш	Б.2	7	6,986	273	40	4,7	7,5	4,339	38,02	49,22	27	0,07	31,42	1	0,002
34.Подареш	Б.3	12	6,856	275	31	5,5	7,0	7,871	49,43	43,98	23	0,72	15,81	2	0,004
35.Подареш	Б.4	9	7,273	1350	74	28,4	72,9	189,4	224,3	250,2	127	0,17	289,0	1	0,002
36.Подареш	Б.5	10	7,266	1672	362	51,1	21,0	14,78	140,6	387,4	45	0,16	460,9	4	0,002
37.Ораовица	Б.1	12	7,156	478	112	6,6	9,4	2,678	155,9	100,5	12	0,03	30,21	8	0,011
38.Ораовица	И.1	12	7,003	475	117	6,9	10,6	2,153	159,7	92,15	5	0,03	25,29	8	0,002
39.Ораовица	И.2	12	7	478	118	7,0	10,4	2,331	159,7	85,87	7	0,03	61,06	7	0,002
40.Ораовица	Б.2	10	7,22	1109	110	20,6	44,8	92,73	167,3	183,2	94	3,71	288,1	22	0,002
41.Ораовица	И.3	9	6,966	622	126	14,7	29,5	1,082	220,5	127,7	12	0,03	1,837	25	0,051
42.Калаузлија	И.4	13	7,333	376	91	3,9	4,0	1,442	121,6	117,2	8	0,03	3,543	19	0,022
43.Раклиш	Б.1	13	7,476	416	44	21,4	14,0	2,845	216,7	39,79	6	0,02	14,79	15	0,020
44.Раклиш	Д.1	11	7,016	905	114	37,9	44,5	4,647	197,7	194,7	66	0,03	130,2	20	0,013
45.Раклиш	Б.2	12	7,186	597	92	17,2	39,4	2,209	121,6	80,63	35	0,03	52,54	18	0,009
46.Раклиш	П.1	13	7,163	416	96	11,2	30,2	1,110	197,7	83,78	2	0,03	21,966	18	0,003
47.Раклиш	Д.2	23	7,296	385	89	21,8	13,5	2,410	205,3	75,40	9	0,03	5,418	37	0,002
48.Раклиш	Б.3	12	7,593	296	74	9,2	12,9	5,143	106,7	83,78	14	0,93	19,65	68	0,102
49.Радовиш	П.1	10	6,86	907	182	26,4	61,6	2,600	228,1	264,9	78	0,10	118,6	45	0,031
50.Радовиш	П.2	13	7,123	505	95	12,9	17,0	12,00	197,7	62,83	31	0,02	34,03	47	0,025
51.Радовиш	П.3	9	7,56	269	74	7,3	9,2	3,012	121,6	58,64	16	0,18	2,390	54	0,027
52.Радовиш	П.4	9	7,546	262	81	8,4	9,6	2,807	110,2	104,7	18	0,26	0,360	48	0,002
53.Радовиш	П.5	9	7,236	365	66	10,4	14,1	5,182	174,9	64,92	22	0,19	9,103	4	0,002
54.Радовиш	П.6	13	7,45	398	88	10,6	15,0	6,079	190,1	83,78	21	0,23	14,20	4	0,002
55.Радовиш	П.7	12	7,293	320	126	11,5	9,0	2,750	152,1	157,0	19	0,03	2,341	21	0,013
56.Радовиш	П.8	10	7,493	337	128	9,8	11,8	4,114	174,9	143,9	21	0,12	7,335	1	0,005

57 . Радовиш П.9	11	6,993	654	139	25,7	36,1	8,099	182,5	267,0	61	0,03	69,68	1	0,002
58 .Радовиш Б.1	13	7,256	821	146	36,0	45,0	8,863	209,1	227,7	69	0,10	120,5	3	0,002
59 .Радовиш Б.2	13	7,49	312	84	7,4	12,1	4,940	114,0	45,81	23	0,38	11,30	1	0,002
60. Радовиш Б.3	12	7,13	439	128	13,1	19,0	7,024	212,9	162,3	29	0,35	20,68	7	0,002
61.Радовиш Б.4	9	7,36	297	76	7,0	9,9	3,641	133,0	78,54	24	0,30	10,03	5	0,011
6 2.Али Коч И.1	8	6,783	167	20	7,2	20,8	1,308	76,05	25,13	10	0,03	17,28	19	0,025
63.Коџалија И.1	11	6,483	97	13	6,0	10,1	1,120	38,02	24,08	7	0,03	18,44	19	0,074
64.Тополница П.1	11	6,72	1435	171	45,3	109,6	37,42	129,2	339,3	697	0,62	24,58	43	0,071
65.Тполница И.1	14	7,33	898	47	40,4	26,6	5,445	212,9	101,5	297	0,03	7,207	63	0,054
66.Дамјан И.1	10	8,403	974	219	73	26,0	4,96	68	17,4	524	0,016	36,54	121	0,058
67.Дамјан П.1	11	7,56	649	66	64	95,0	9,17	281	31,3	114	0,03	6,388	1	0,053
МДК		6,5-9,5	2000	200	50	200	12	>30	250	250	0,30	50	100	0,1
Европска регулатива						150			187,5	187,5		37,5	375	

13. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Добиените вредности за содржината на тешките и токсични метали, физичките особини, катјоните и анјоните се споредени со МДК (максимално дозволените концентрации) според македонската законска регулатива и според стандардите за европската законска регулатива и се прикажани во табела 6. Соодносот на концентрацијата, најдобро се гледа од дадените графички прикази. Во понатамошното излагање следат прилог дијаграми каде се дадени вредностите за измерените концентрации за тешки и токсични метали, физички параметри катјонски и анјонски состав на подземните води.

Табела. 6 Стандарди за споредување на добиените резултати според МДК за (Македонска законска регулатива) и (Европска законска регулатива) за подземни води.

Table. 6 Standards for comparison for the results according to the MDK for the (Macedonian legal regulation) and the (European legal regulation) for the underground waters.

Ред.бр.	Штетни и опасни материи	Единица мерка	МДК Македонска законска регулатива	Европска законска Регулатива
1.	Al	µg/ L	200	150
2.	As	µg/ L	10	7,5
3.	B	µg/ L	1000	750
4.	Ba	µg/ L	700	/
5.	Cu	µg/ L	2000	1500
6.	Fe	µg/ L	200	/
7.	Mn	µg/ L	50	/
8.	Ni	µg/ L	20	15
9.	Pb	µg/ L	10	18,75
10.	Sr	µg/ L	/	/
11.	V	µg/ L	5	/
12.	Zn	µg/ L	3000	/
13.	Ph	µg/ L	6,5-9,5	/
14.	TDS	mg/ L	2000	/
15.	Ca	mg/ L	200	/
16.	Mg	mg/ L	50	/
17.	Na ⁺	mg/ L	200	150
18.	K ⁺	mg/ L	12	/

19.	HCO ₃ ⁻	mg/ L	>30	/
20.	Cl ⁻	mg/ L	250	187,5
21.	SO ₄ ²⁻	mg/ L	250	187,5
22.	PO ₄ ³⁻	mg/ L	0,30	/
23.	NO ₃ ⁻	mg/ L	50	37,5
24.	NO ₂ ⁻	µg/ L	100	375
25.	NH ₄ ⁺	mg/ L	0,1	/

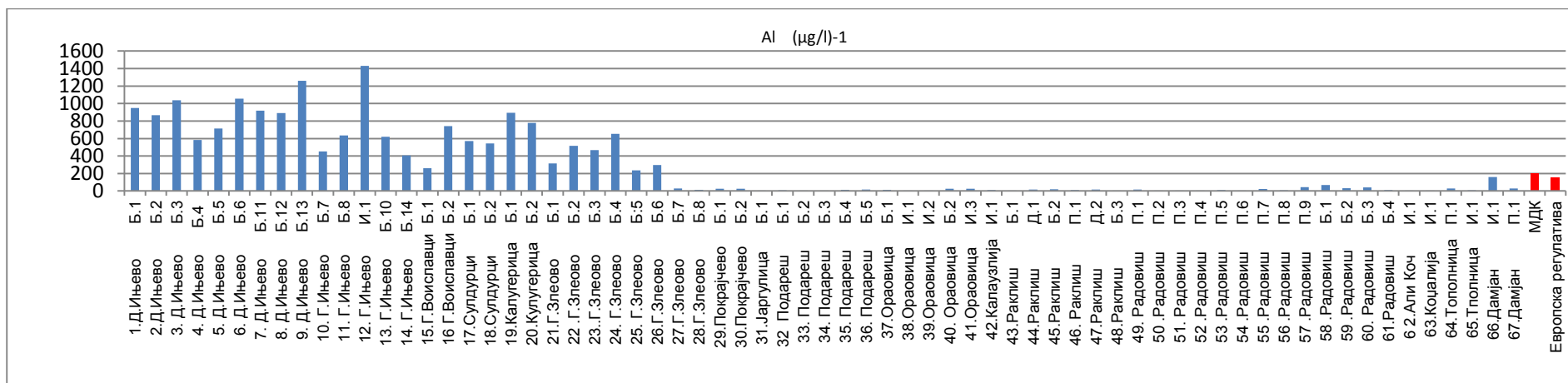
Во одредените содржини од 67 проби од подзени води, од Радовишка котлна добиени се следните минимум и максимум вредности, на тешки и токсични метали и елементи каде што е направено споредба, според МДК на Македонската законска регулатива и Европската законска регулатива за подземни води прикажани на табела 7.

Табела 7. Минимална и максимална содржина на тешки и токсични метали.

Table 7. Minimum and maximum values for heavy toxic metals.

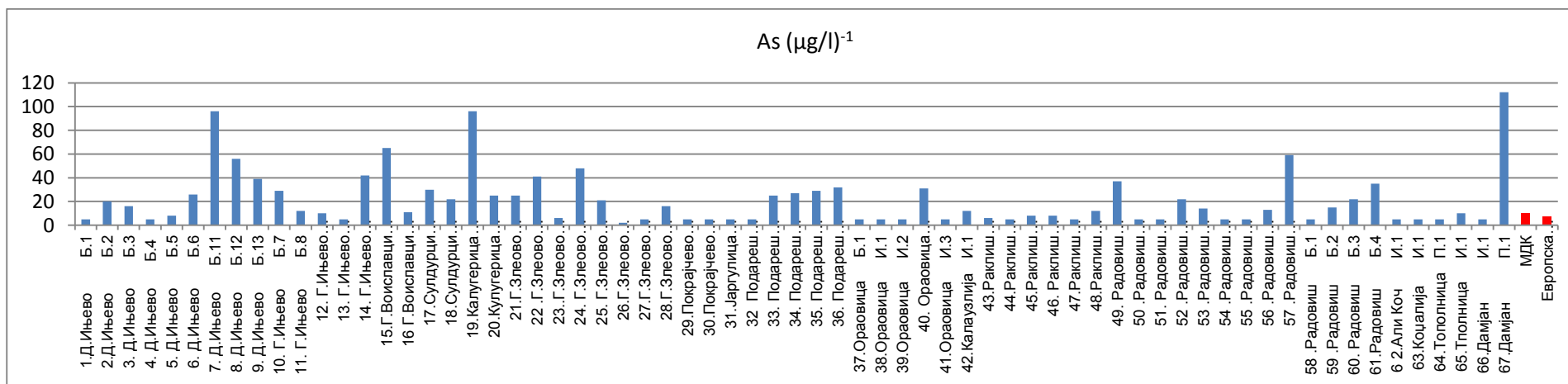
ЕЛЕМЕНТИ	Min-µg/L	Max-µg/l	Број на примероци над МДК (Македонска регулатива)	Број на примероци над Европска регулатива
1. Al	5	1430	26	27
2. As	5	96	33	38
3. B	3	371	/	/
4. Ba	6	214	/	/
5. Cu	5	420	/	/
6. Fe	4	277	3	/
7. Mn	4	42	/	/
8. Ni	5	54	27	33
9. Pb	8	27	12	4
10.Sr	125	18341	/	/
11.V	13	447	/	/
12.Zn	5	291	/	/
	Min-mg/L	Max-mg/l	Број на примероци над МДК (Македонска регулатива)	Број на примероци над Европска регулатива
13. Ph	6,243	8,402		/
14. TDS	97	2252	1	/
15. Ca	13	733	12	/

16. Mg	4,7	250	25	/
17. Na ⁺	4,0	163	/	1
18. K ⁺	0.78	189,4	16	/
19. HCO ₃ ⁻ Соединение	38,02	540	3	/
20. Cl ⁻ Соединение	17,4	400	12	15
21. SO ₄ ²⁻ соединение	2	697	3	5
22. PO ₄ ³⁻ соединение	0,011	4,75	22	/
23. NO ₃ ⁻ соединение	5	477	31	34
24. NO ₂ ⁻ соединение	0,001	0,121	1	9
25. NO ₄ ⁺ соединение	0,002	0,211	3	/



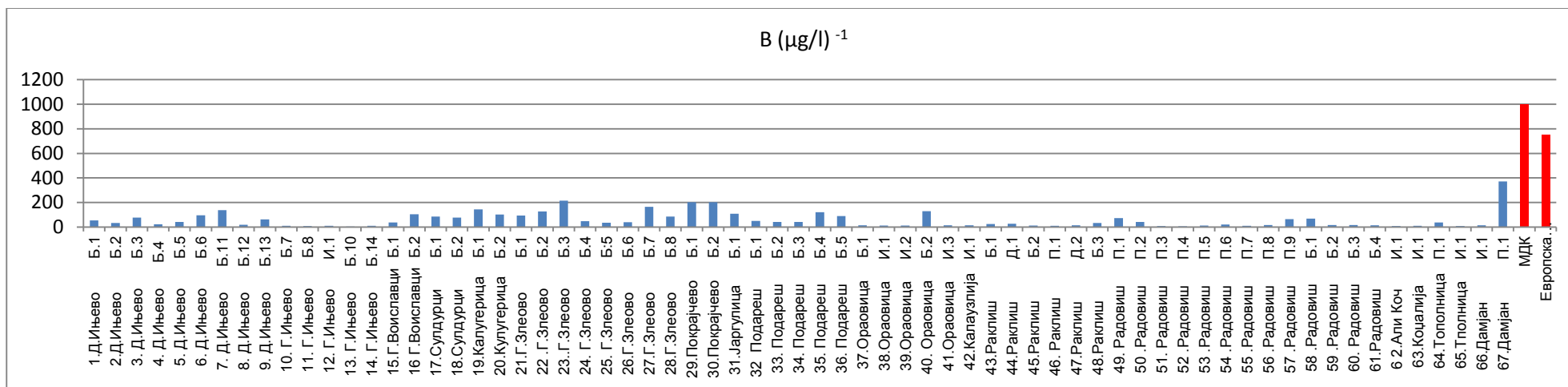
Слика 7. Хистограмско претставување на концентрација на Al.

Figure 7. Histogram presentation of the concentration of Al.



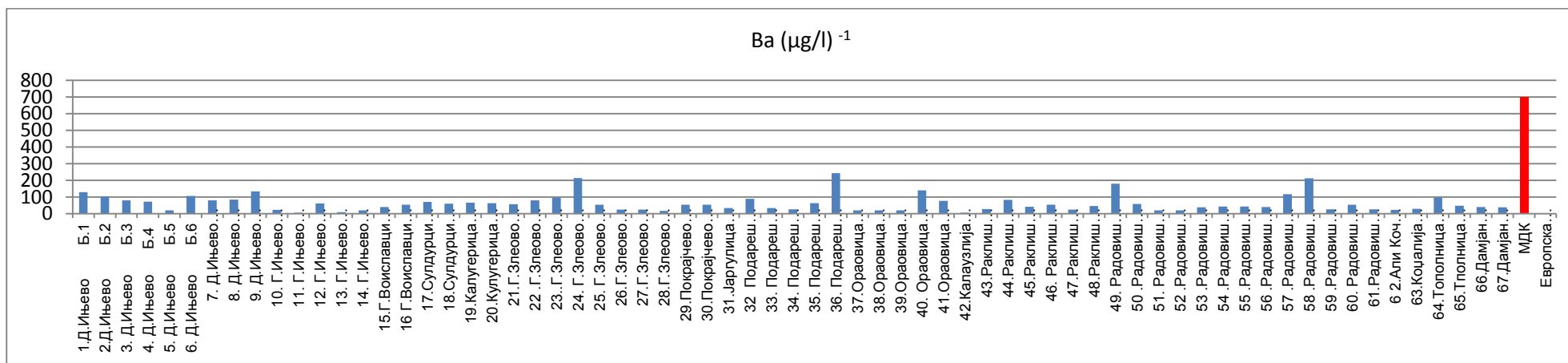
Слика 8. Хистограмско претставување на концентрација на As.

Figure 8. Histogram presentation of the concentration of As.



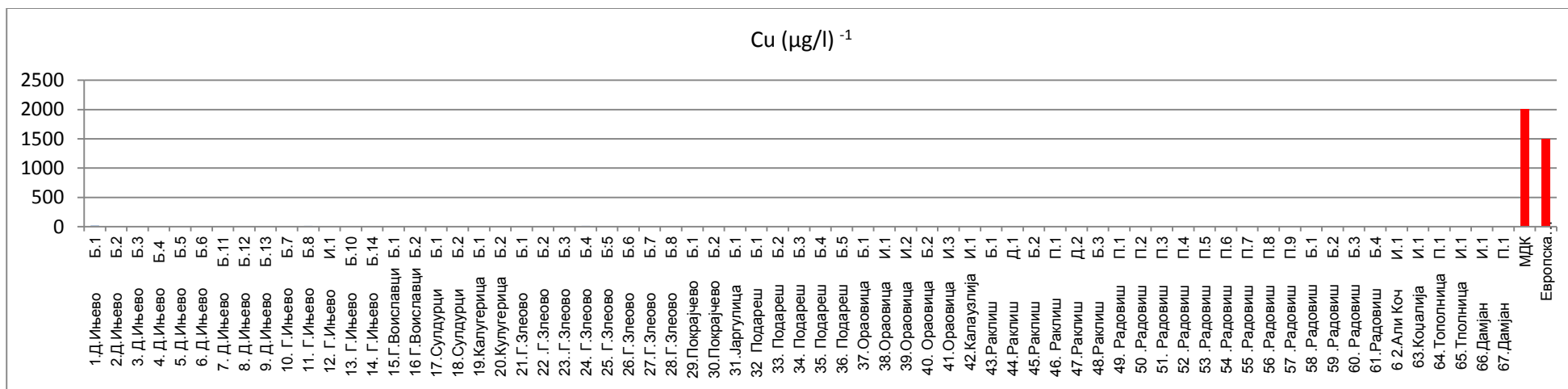
Слика 9. Хистограмско претставување на концентрација на B.

Figure 9. Histogram presentation of the concentration of B.



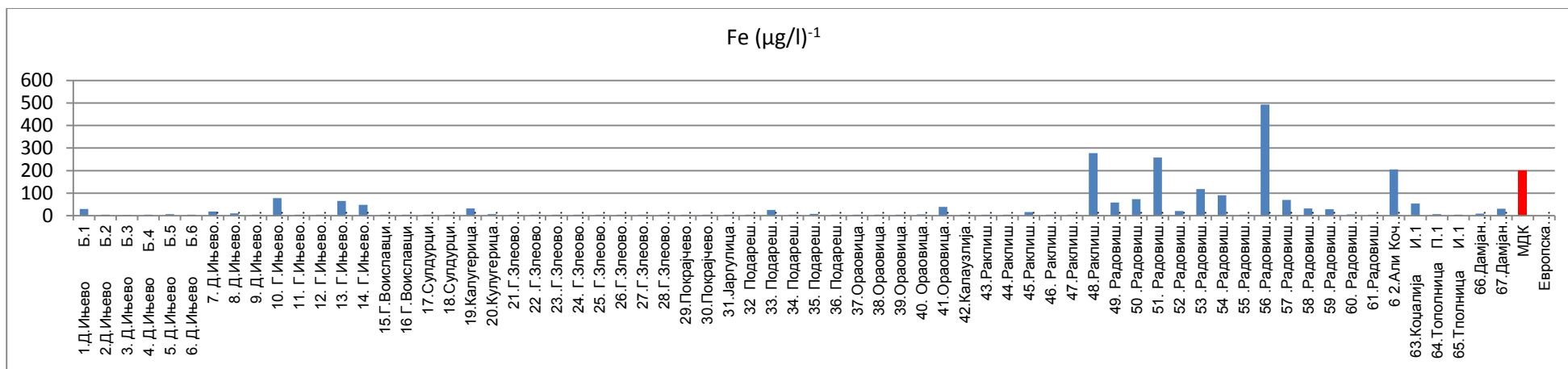
Слика 10. Хистограмско претставување на концентрација на Ba.

Figure 10. Histogram presentation of the concentration of Ba.



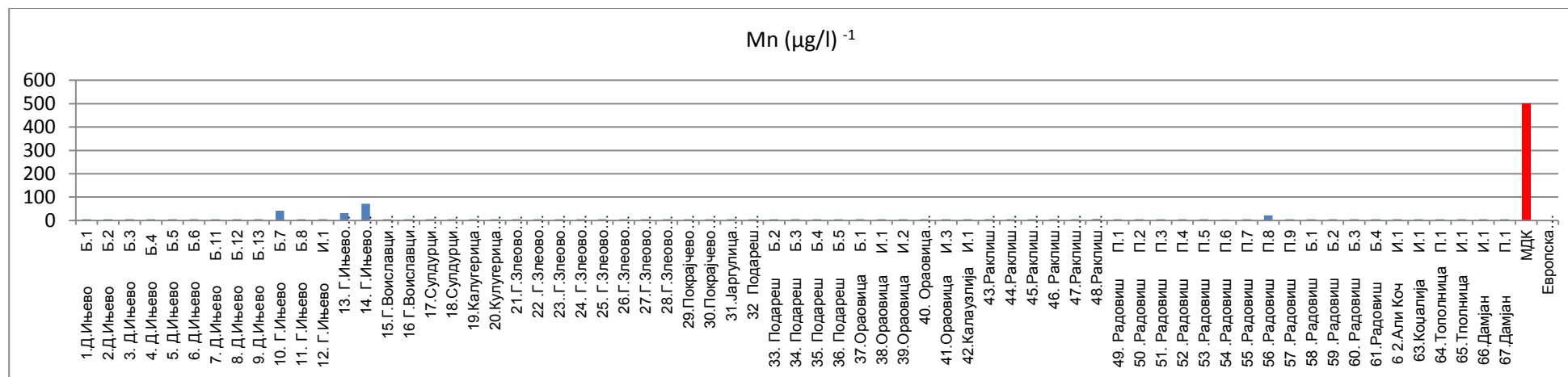
Слика 11. Хистограмско претставување на концентрација на Cu.

Figure 11. Histogram presentation of the concentration of Cu.



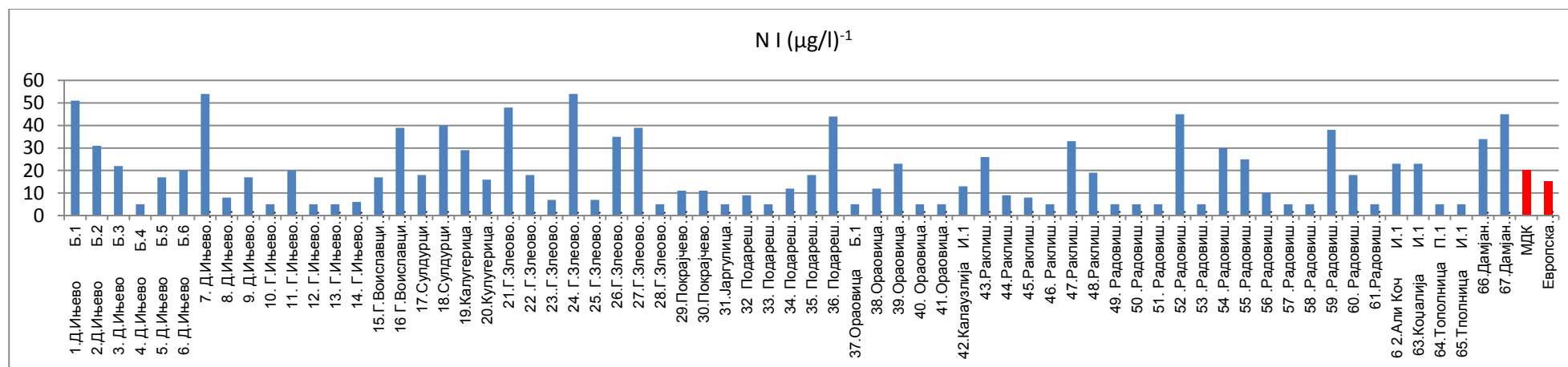
Слика 12. Хистограмско претставување на концентрација на Fe.

Figure 12. Histogram presentation of the concentration of Fe.



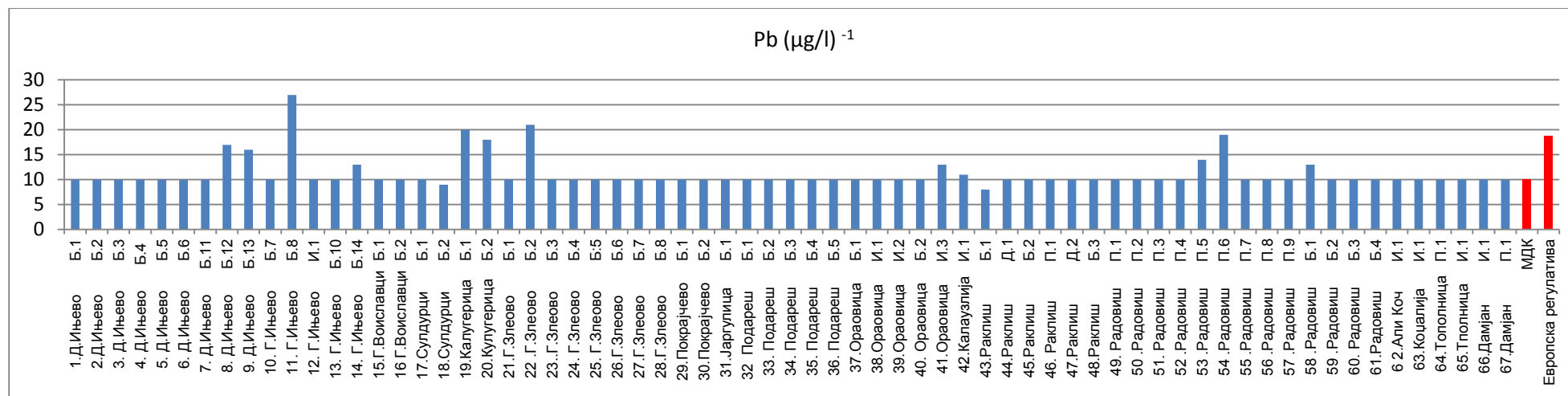
Слика 13. Хистограмско претставување на концентрација на Mn.

Figure 13. Histogram presentation of the concentration of Mn.



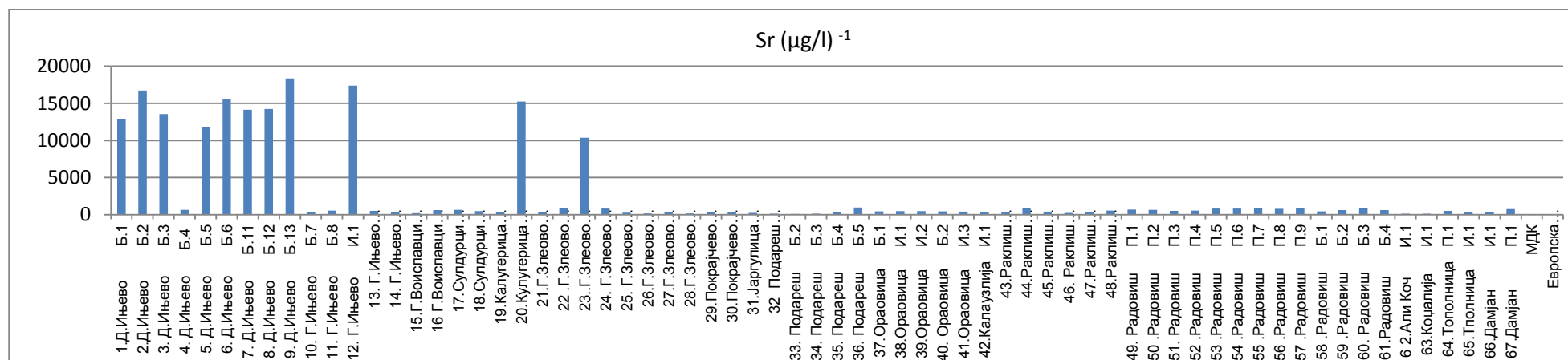
Слика 14. Хистограмско претставување на концентрација на Ni.

Figure 14. Histogram presentation of the concentration of Ni.



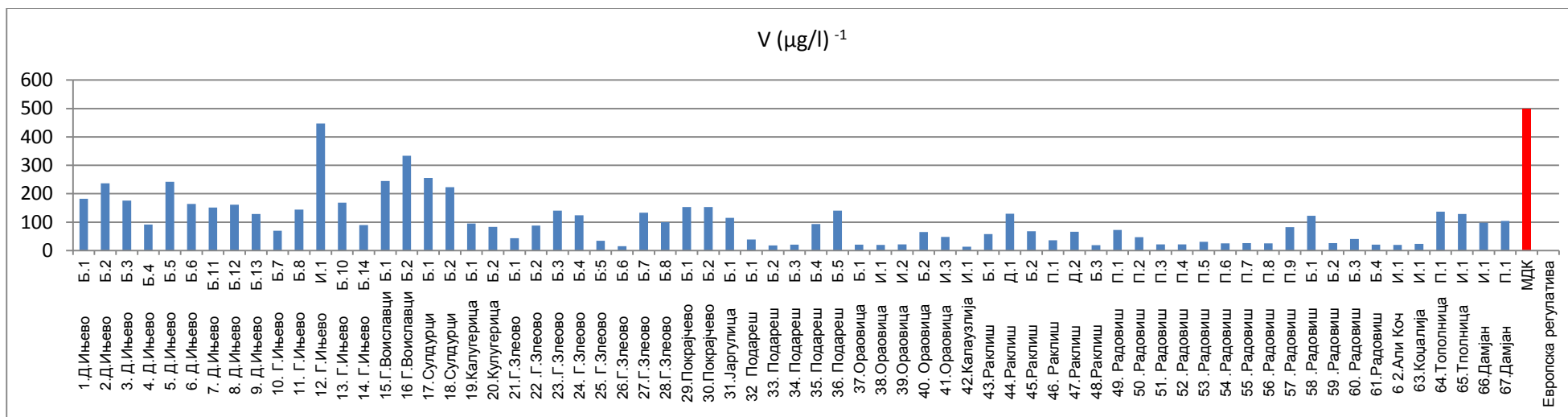
Слика 15. Хистограмско претставување на концентрација на Pb.

Figure 15. Histogram presentation of the concentration of Pb.



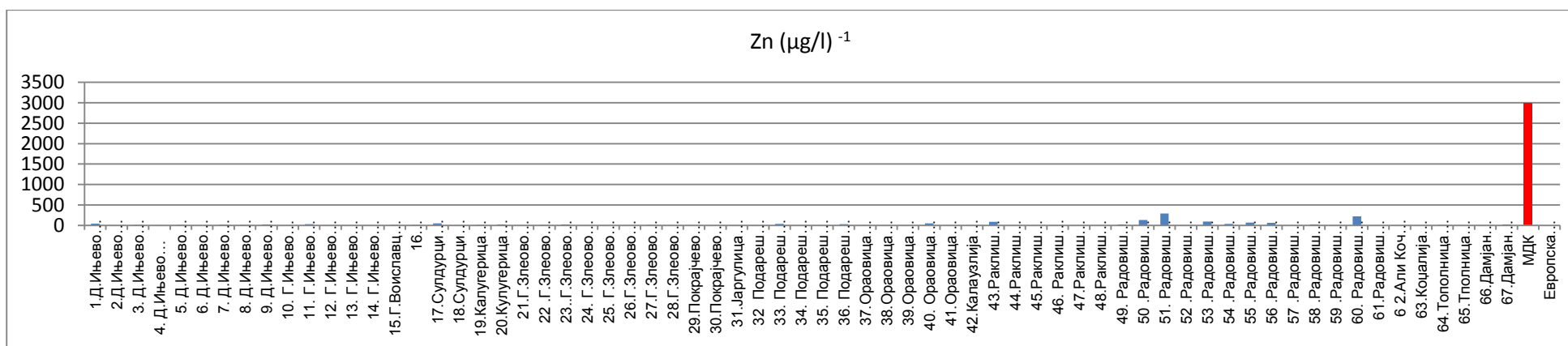
Слика 16. Хистограмско претставување на концентрација на Sr.

Figure 16. Histogram presentation of the concentration of Sr.



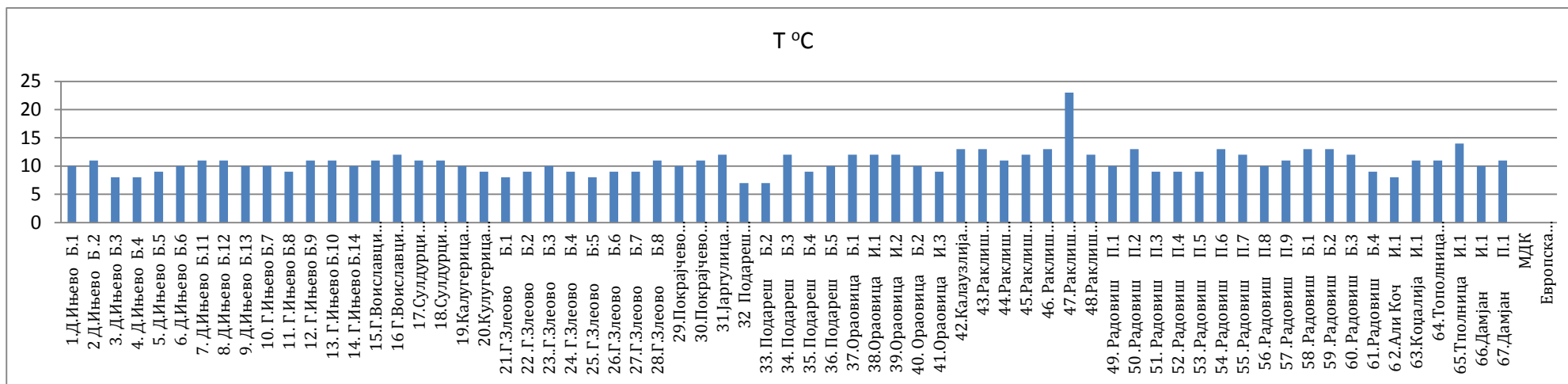
Слика 17. Хистограмско претставување на концентрација на V.

Figure 17. Histogram presentation of the concentration of V.



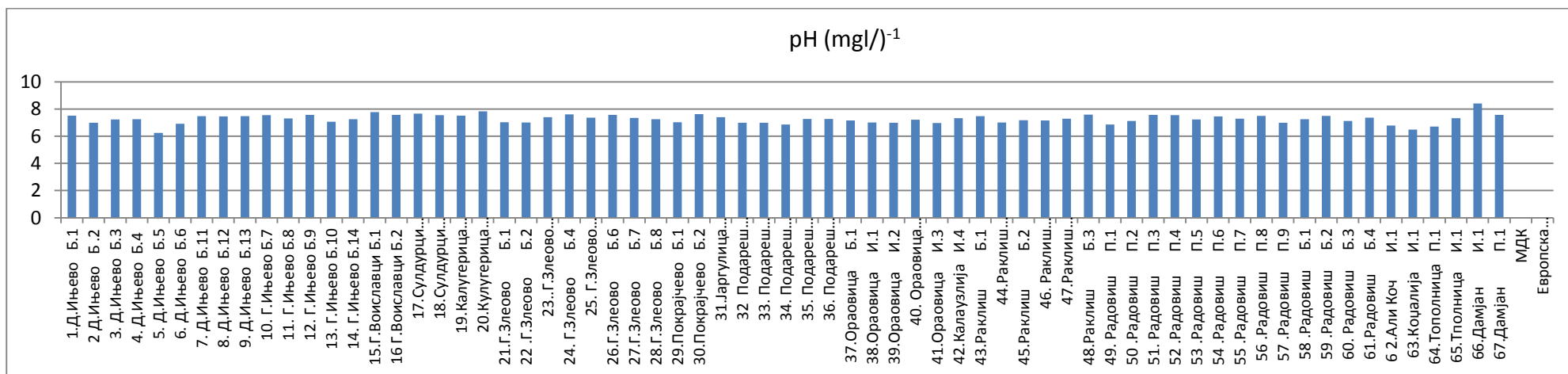
Слика 18. Хистограмско претставување на концентрација на Zn.

Figure 18. Histogram presentation of the concentration of Zn.



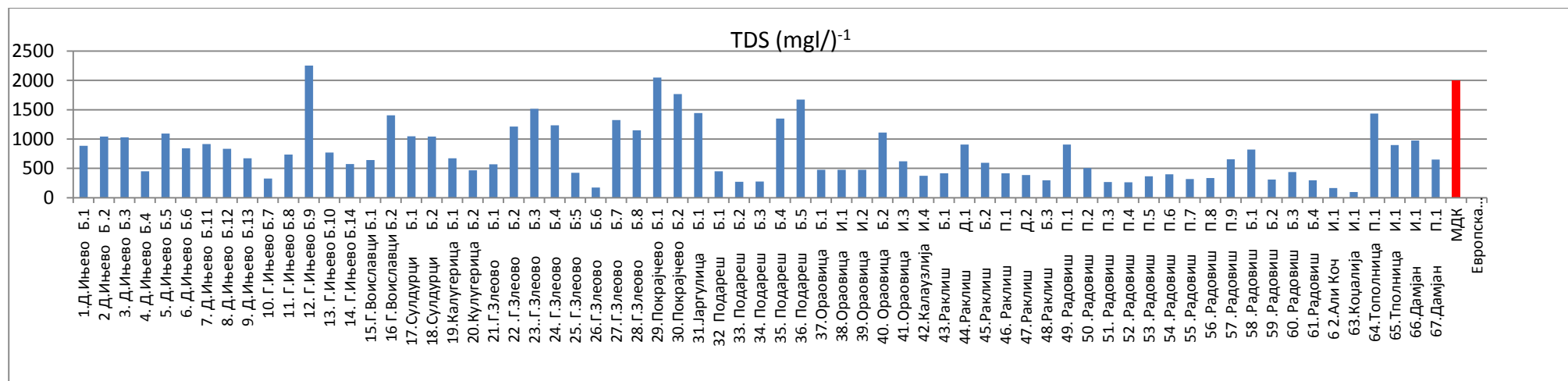
Слика 19. Хистограмско претставување на $T^{\circ}\text{C}$.

Figure 19. Histogram presentation of $T^{\circ}\text{C}$.



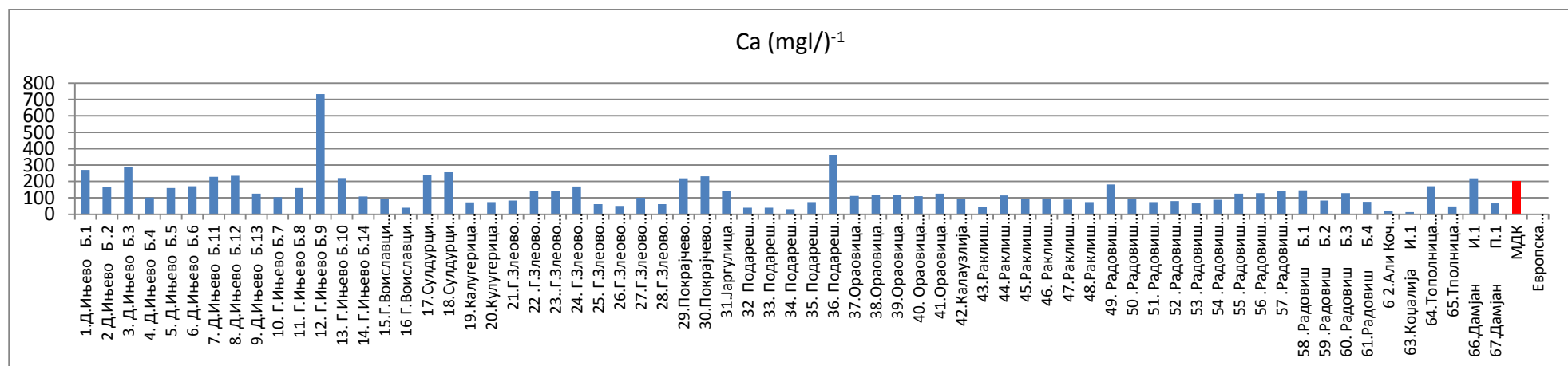
Слика 20. Хистограмско претставување на концентрација на PH.

Figure 20. Histogram presentation of the concentration of PH.



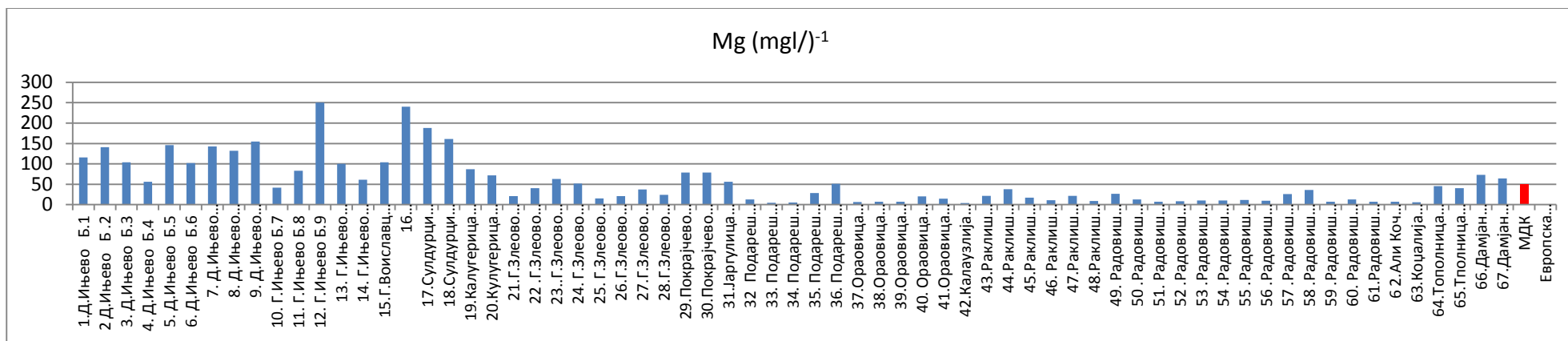
Слика 21. Хистограмско претставување на концентрација на TDS.

Figure 21. Histogram presentation of the concentration of TDS.



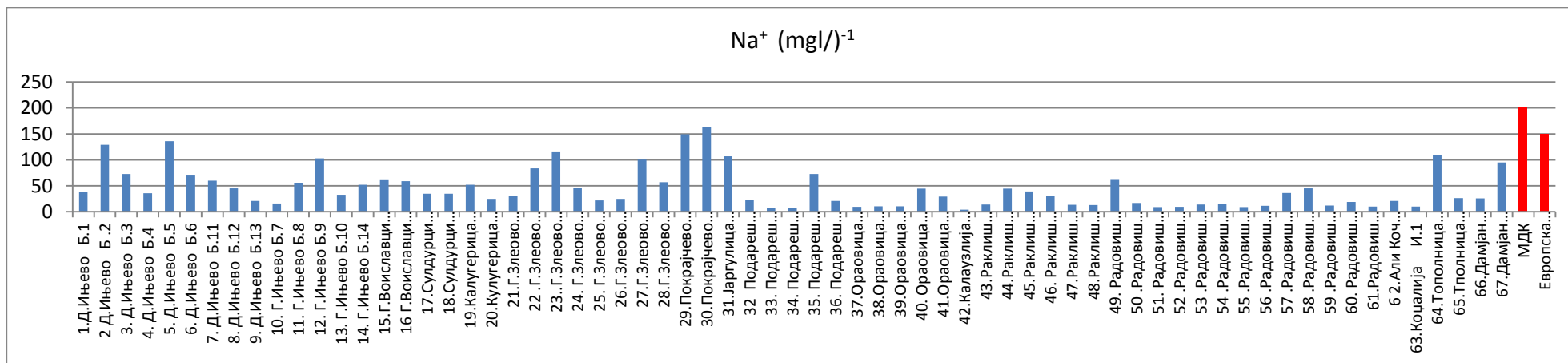
Слика 22. Хистограмско претставување на концентрација на Ca.

Figure 22. Histogram presentation of the concentration of Ca.



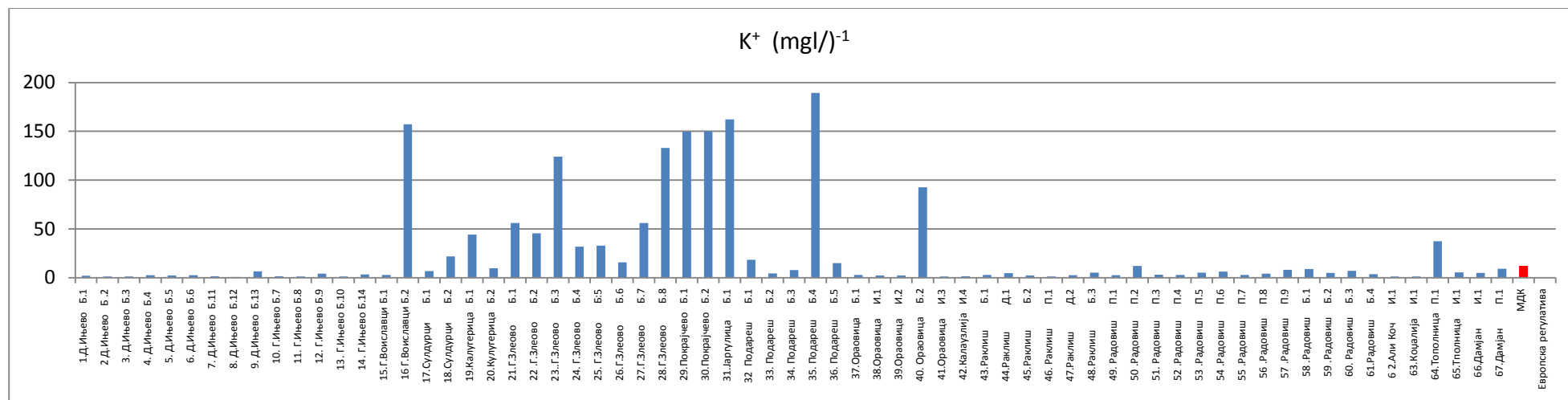
Слика 23. Хистограмско претставување на концентрација на Mg.

Figure 23. Histogram presentation of the concentration of Mg.



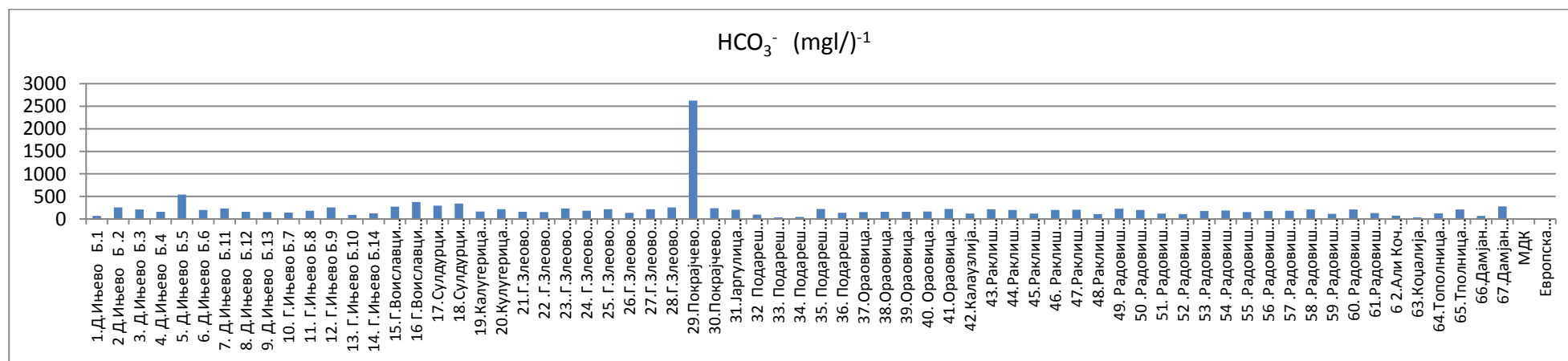
Слика 24. Хистограмско претставување на концентрација на Na⁺.

Figure 24. Histogram presentation of the concentration of Na⁺.



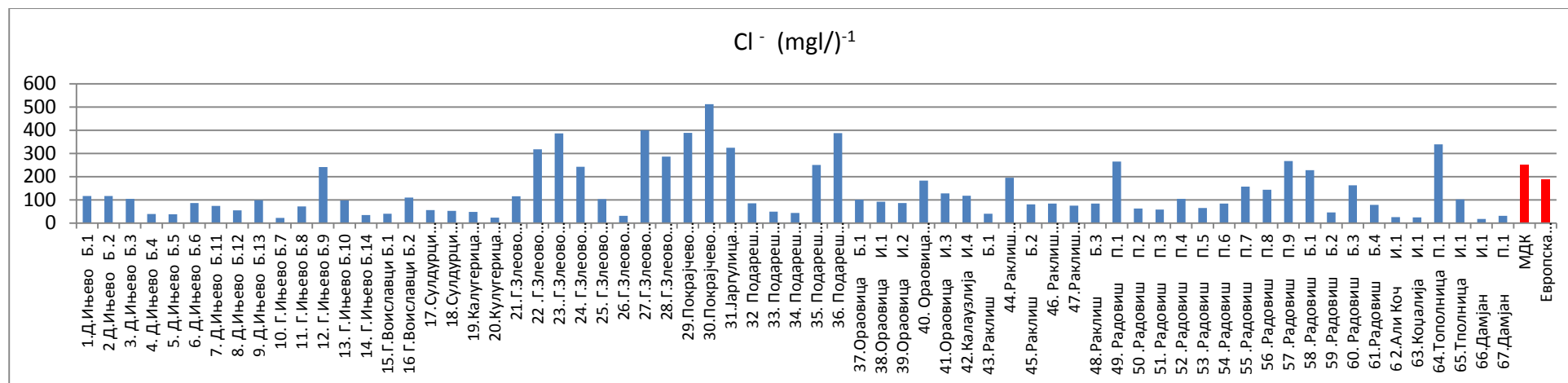
Слика 25. Хистограмско претставување на концентрација на K⁺

Figure 25. Histogram presentation of the concentration of K⁺



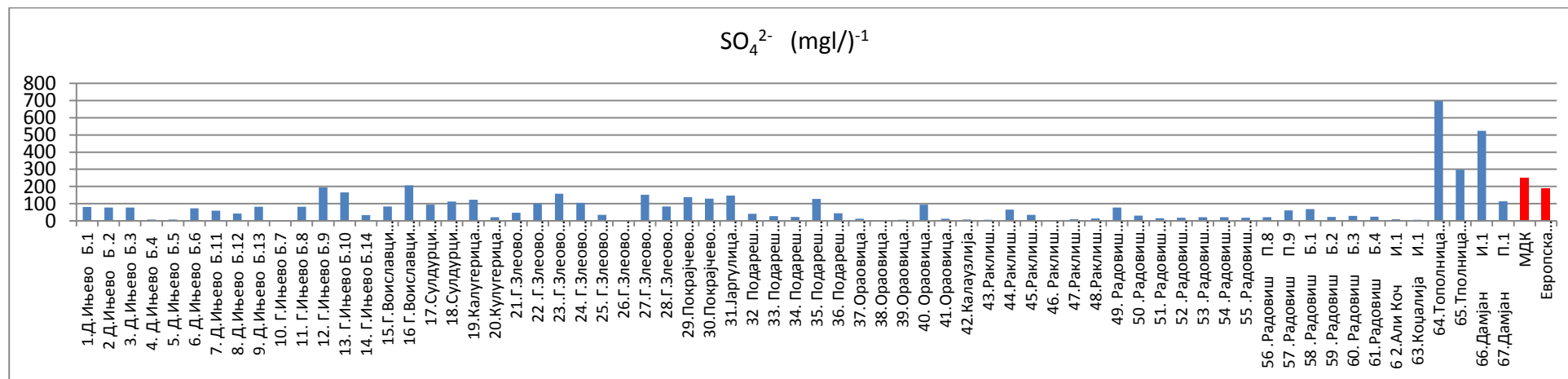
Слика 26. Хистограмско претставување на концентрација на HCO₃⁻

Figure 26. Histogram presentation of the concentration of HCO₃⁻



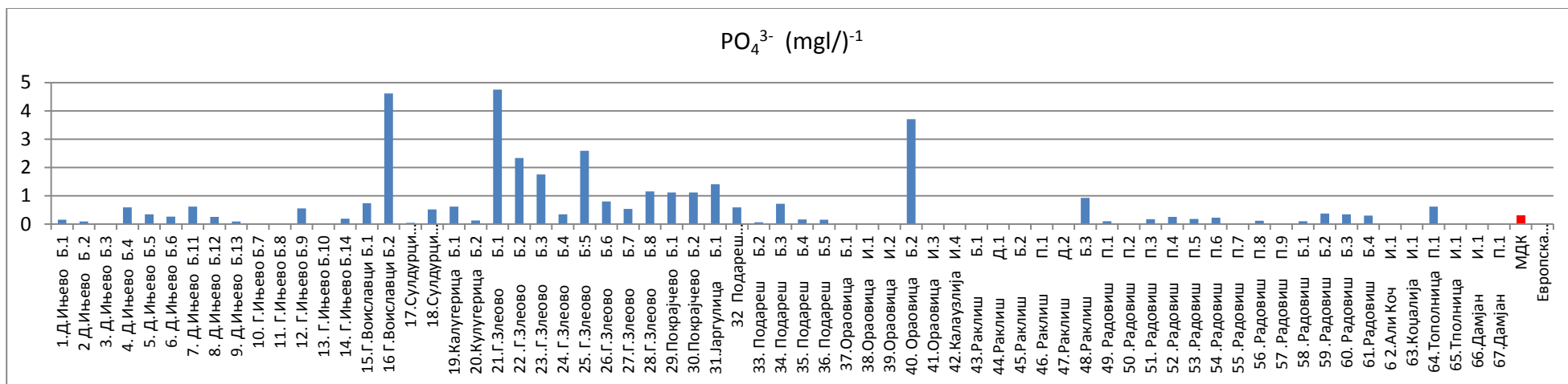
Слика 27. Хистограмско претставување на концентрација на Cl⁻

Figure 27. Histogram presentation of the concentration of Cl⁻



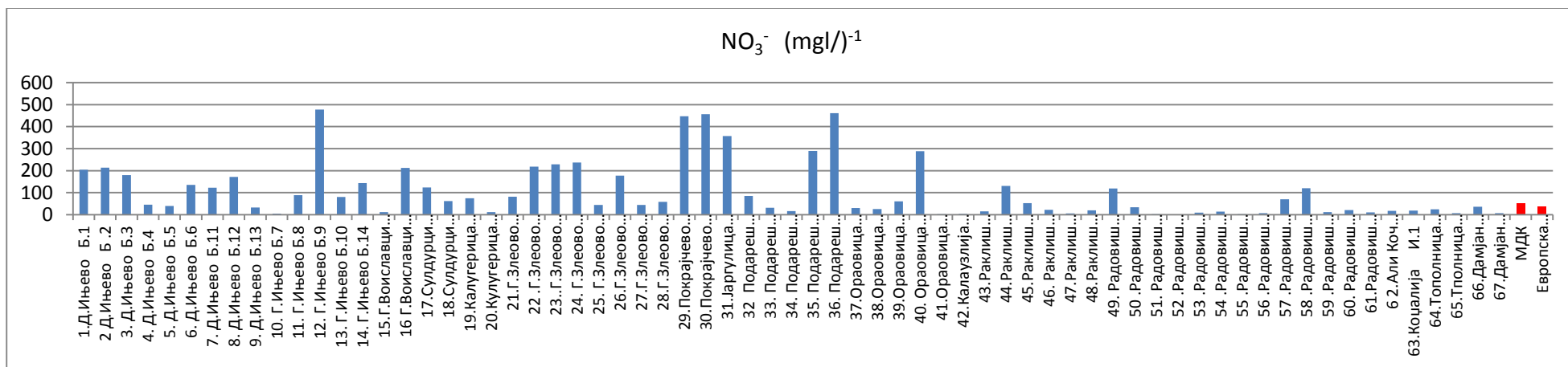
Слика 28. Хистограмско претставување на концентрација на SO₄²⁻

Figure 28. Histogram presentation of the concentration of SO₄²⁻



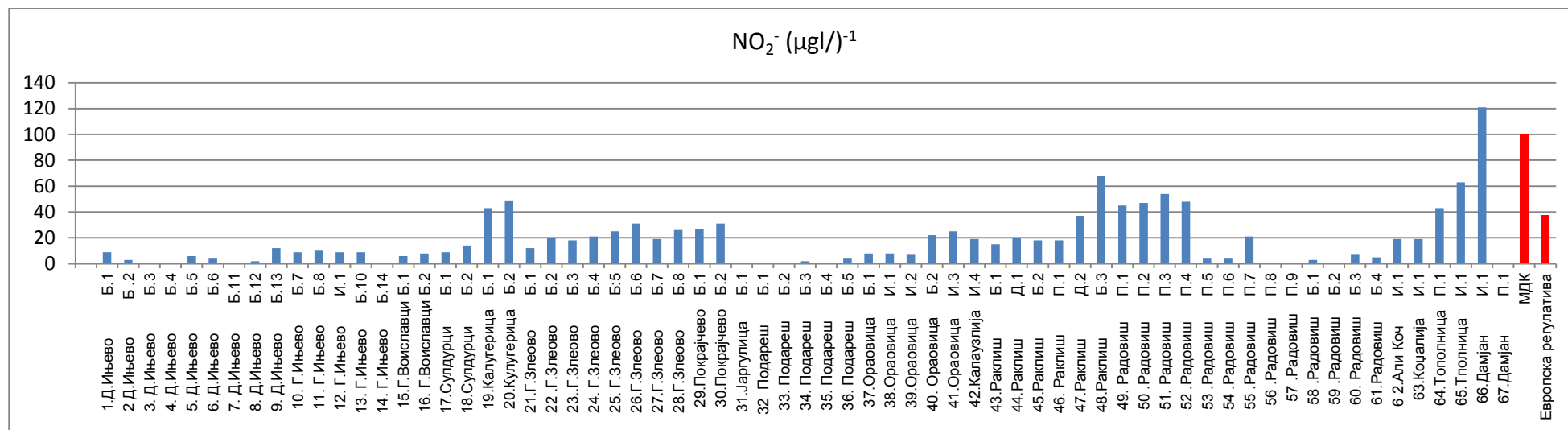
Слика 29. Хистограмско претставување на концентрација на PO₄³⁻

Figure 29. Histogram presentation of the concentration of PO₄³⁻

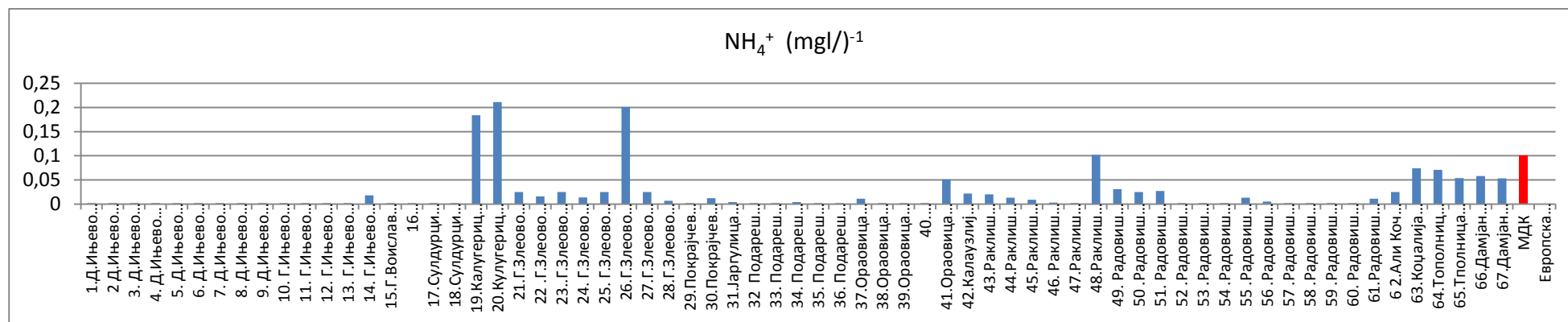


Слика 30. Хистограмско претставување на концентрација на NO₃⁻

Figure 30. Histogram presentation of the concentration of NO₃⁻



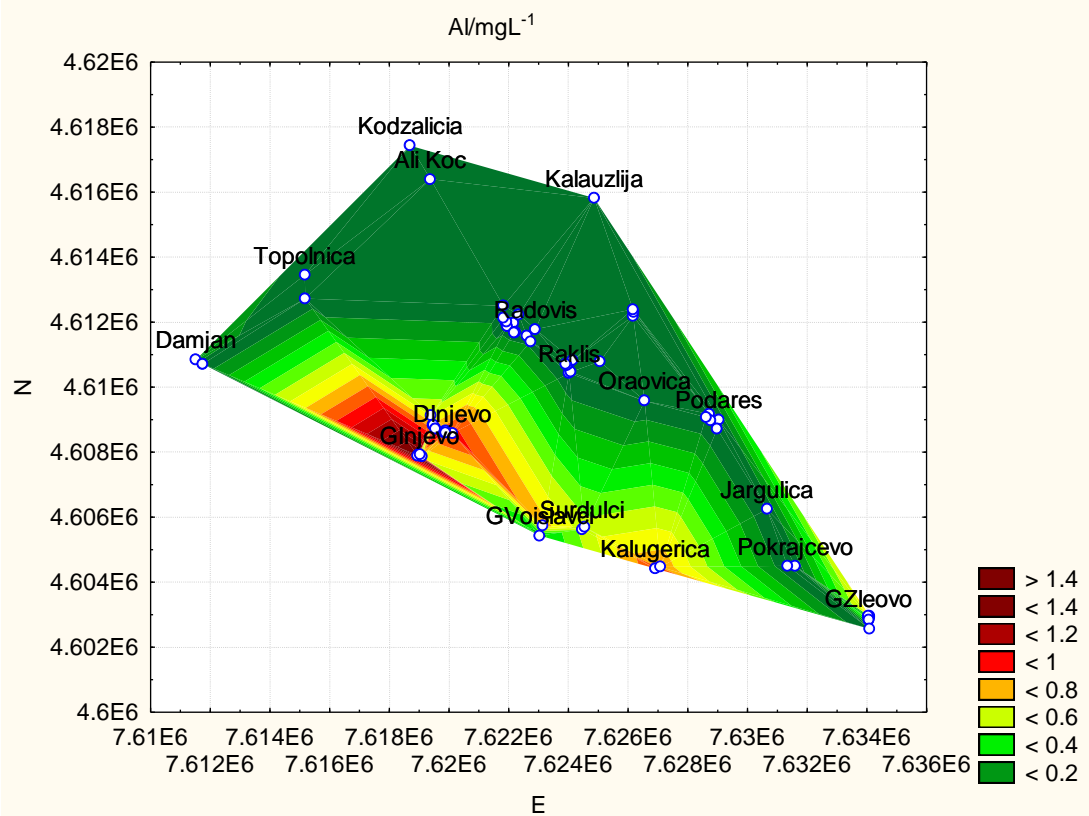
Слика 31. Хистограмско претставување на концентрација на NO₂⁻
 Figure 31. Histogram presentation of the concentration of NO₂⁻



Слика 32. Хистограмско претставување на концентрација на NH₄⁺
 Figure 32. Histogram presentation of the concentration of NH₄⁺

Алуминиум. (Al)

МДК на алуминиумот според македонската законска регулатива за подземни води е ($200 \mu\text{g/L}^{-1}$) и ($150 \mu\text{g/L}^{-1}$) според европската законска регулатива за подземни води. Од аспект на содржината на алуминиум и горната граница, пропишана за подземни води, во водите од 40 пункта (59%) содржината на алуминиум не ја надминува горната граница, пропишана за подземни води. Во преостанатите 27 пункта (41%) содржината на алуминиумот ја надминува горната граница пропишана за подземни води, од ($200 \mu\text{g/L}^{-1}$) според МДК македонската регулатива за подземни води и $150 \mu\text{g/L}^{-1}$, според европската регулатива за подземни води. Содржината на алуминиум во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 7). Просторно распоредување на содржината на алуминиум е прикажано на (сл. 33). Со минимална содржина од $0,005 \mu\text{g/L}^{-1}$, во поголем број од пробите до максимална содржина во Г. Инјево (И-1) од $1,430 \mu\text{g/L}^{-1}$. Содржината на растворениот алуминиум во водите со блиско неутрален рН варираат од $0,001$ до $0,05 \mu\text{g/L}^{-1}$ но се зголемуваат од $0,5 - 1 \mu\text{g/L}^{-1}$ во кисели води или води богати со органски материи. Зголемената содржина на алуминиум во југоисточниот дел од Радовишка котлина е резултат на мобилизација од природната геолошка средина. Постои сосема мала индикација дека орално внесен алуминиум е акутно токсичен. Постои хипотеза дека изложеност на алуминиум претставува ризик фактор за развој или за забразување на почетокот на Алцхајмеровата болест кај луѓето.

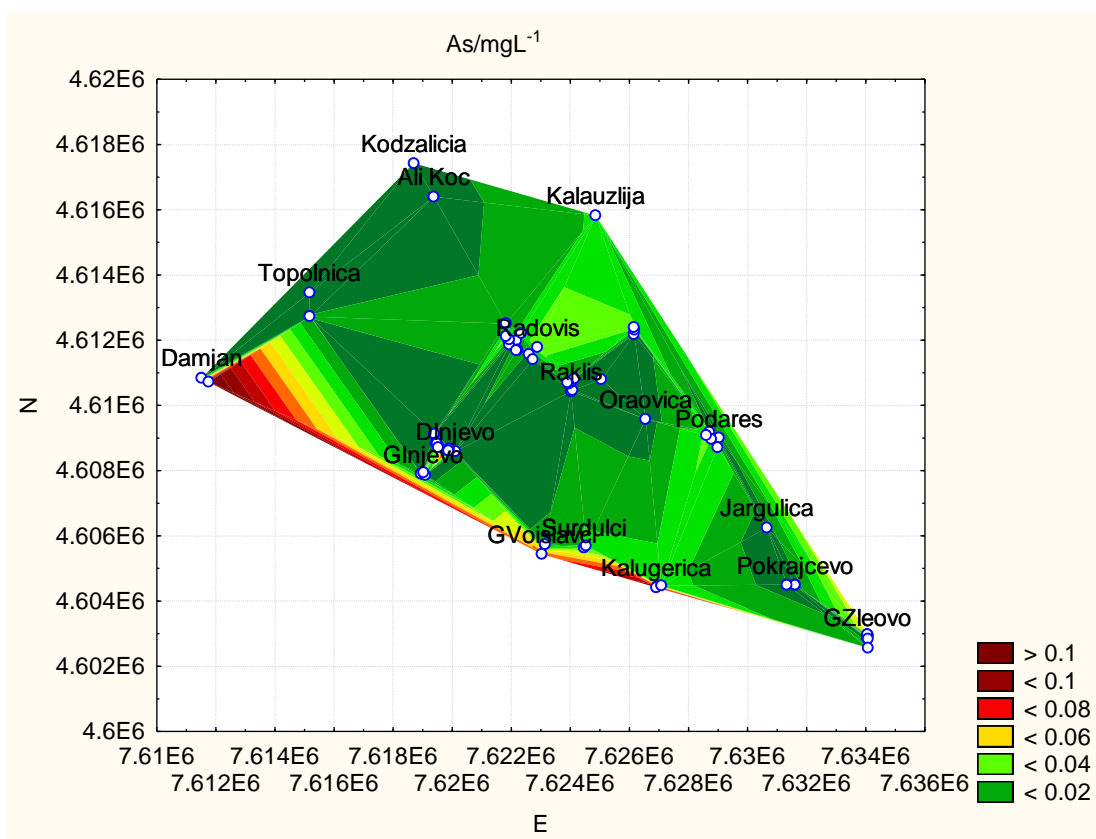


Слика 33. Просторна распределба на Al.

Figure 33. Spacial arrangement of Al.

Арсен. (As)

МДК на арсенот според македонската регулатива за подземни води е $10 \mu\text{g/L}^{-1}$. А според европската регулатива за подземни води граничните вредности од 2010 год. за арсен се $7,5 \mu\text{g/L}^{-1}$. Од испитуваните води во 29 пункта (43,3 %) од водите можат да се користат за пиење од аспект на содржината на арсен. Во I - II класа спаѓаат 73,3 % од испитуваните води, 16,4 % се во III – IV и 10,4 % се во класа V. Во води од 7 пункта со концентрација на As над 0,05 се потврдени во води од бунари во Д. Инјево, Г. Инјево, Воиславци, Калугерица и Дамјан извор. Само во една вода од пумпа во Радовиш е најдено арсен со концентрации повисоки од $0,05 \mu\text{g/L}^{-1}$. Водите кои се во I - II и III - IV класа може да се користат за наводнување. Содржината на арсенот во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 8). Просторно распределување на содржината на арсен е претставен на координатен систем на (сл. 34) со минимална содржина на арсен, помалку од $0,02 \mu\text{g/L}^{-1}$, до максимална содржина повеќе од $0,112 \mu\text{g/L}^{-1}$ во Дамјан (П-1). Причина за појавување на арсен во испитуваните подземни води е широката распространет во земјината кора и се појавува во подземните води од растварање на минерали и руди.

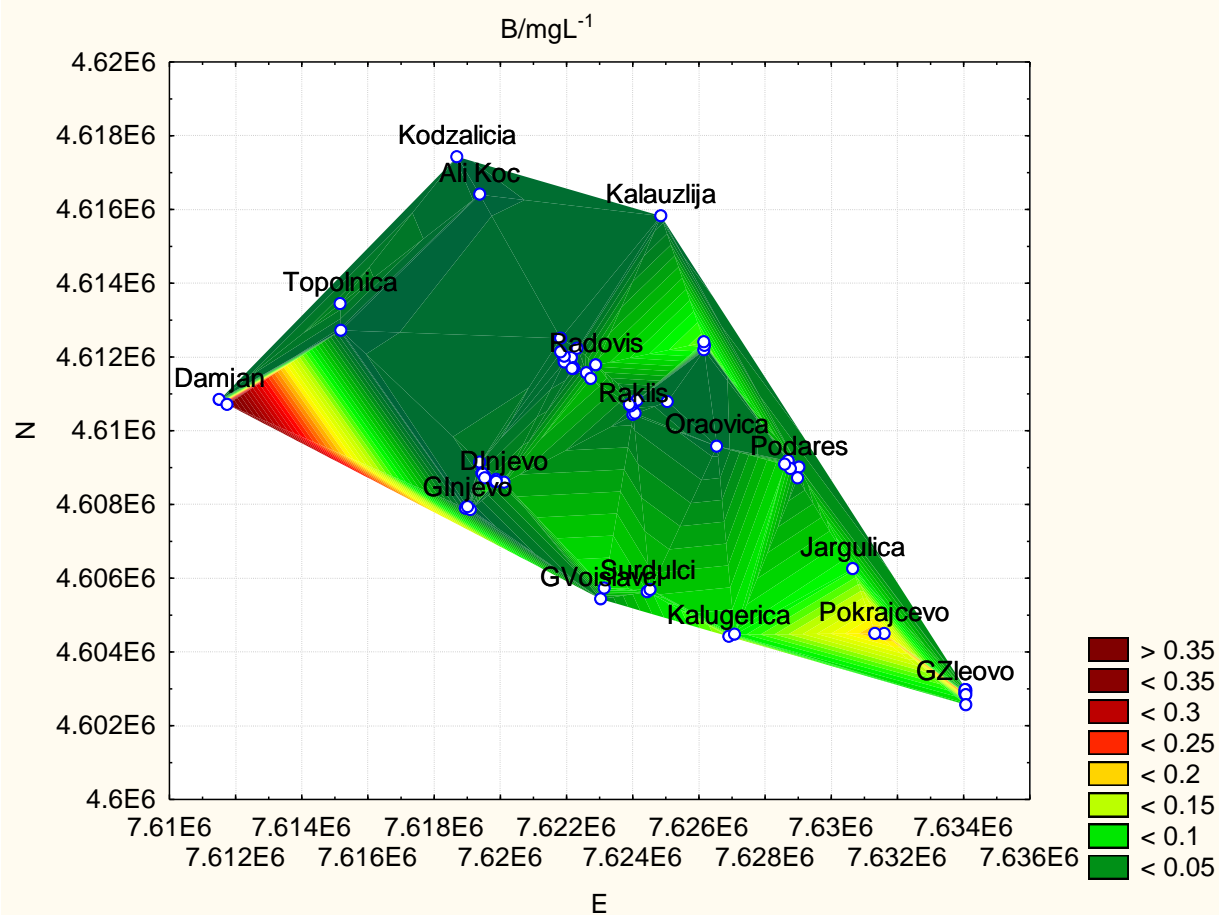


Слика 34. Просторна распределба на As.

Figure 34. Spacial arrangement of As.

Бор. (В)

Според македонската законска регулатива МДК на бор за подземни води е $1000 \mu\text{g/L}^{-1}$. А според европската регулатива за подземни води граничните вредности од 2010 год. за бор се $750 \mu\text{g/L}^{-1}$. Концентрацијата на бор од испитуваните води од 67 пункта не ја надминува граничната вредност според стандардите и од аспект на содржина на бор водата може да се користи за пиење. Содржината на бор во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 9). Содржината на бор е претставена на просторен распоред на координатен систем со минимум од $0,003 \mu\text{g/L}^{-1}$. во Г. Инјево (Б-1) и максимум $0,371 \mu\text{g/L}^{-1}$. во Дамјан (П-1). (сл. 35). Причина за појавување на бор во подземните води од испитуваниот терен е резултат на мобилизација од природната геолошка средина.

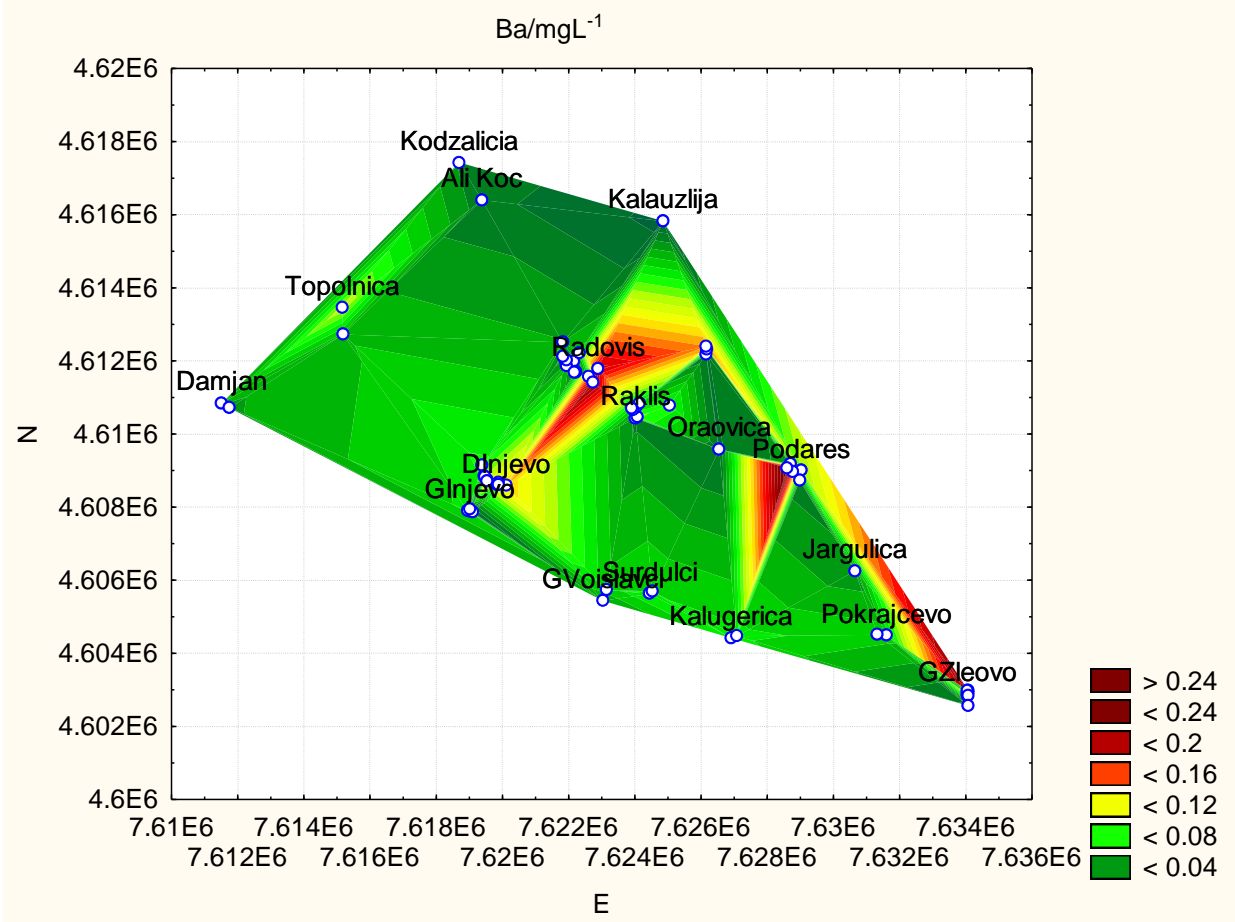


Слика 35. Просторна распределба на В.

Figure 35. Spacial arrangement of B.

Бариум. (Ba)

МДК на бариум според македонската законска регулатива е $700 \mu\text{g/L}^{-1}$. Во проби од 67 пункта бариумот не ги надминува дозволените гранични вредности според македонската законска регулатива, и од аспект на содржина на бариум водата може да се користи за пиење. Содржината на бариум во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 10). Содржината на бариум е претставена на посторен распоред на координатен систем на (сл. 36). Со минимална содржина од $0,006 \mu\text{g/L}^{-1}$ во Калаузлија (И-1) до максимална содржина од $0,242 \mu\text{g/L}^{-1}$ во Подареш (Б-5). Во испитуваните води, содржината на бариум е далеку под горната граница за I - II класа и пониска од пропишаната вредност за подземни води. Бариумот е застапен во земјината кора во количина од 500 ppm. Појавување на бариум во испитуваните подземни води е резултат на геолошката средина на теренот.

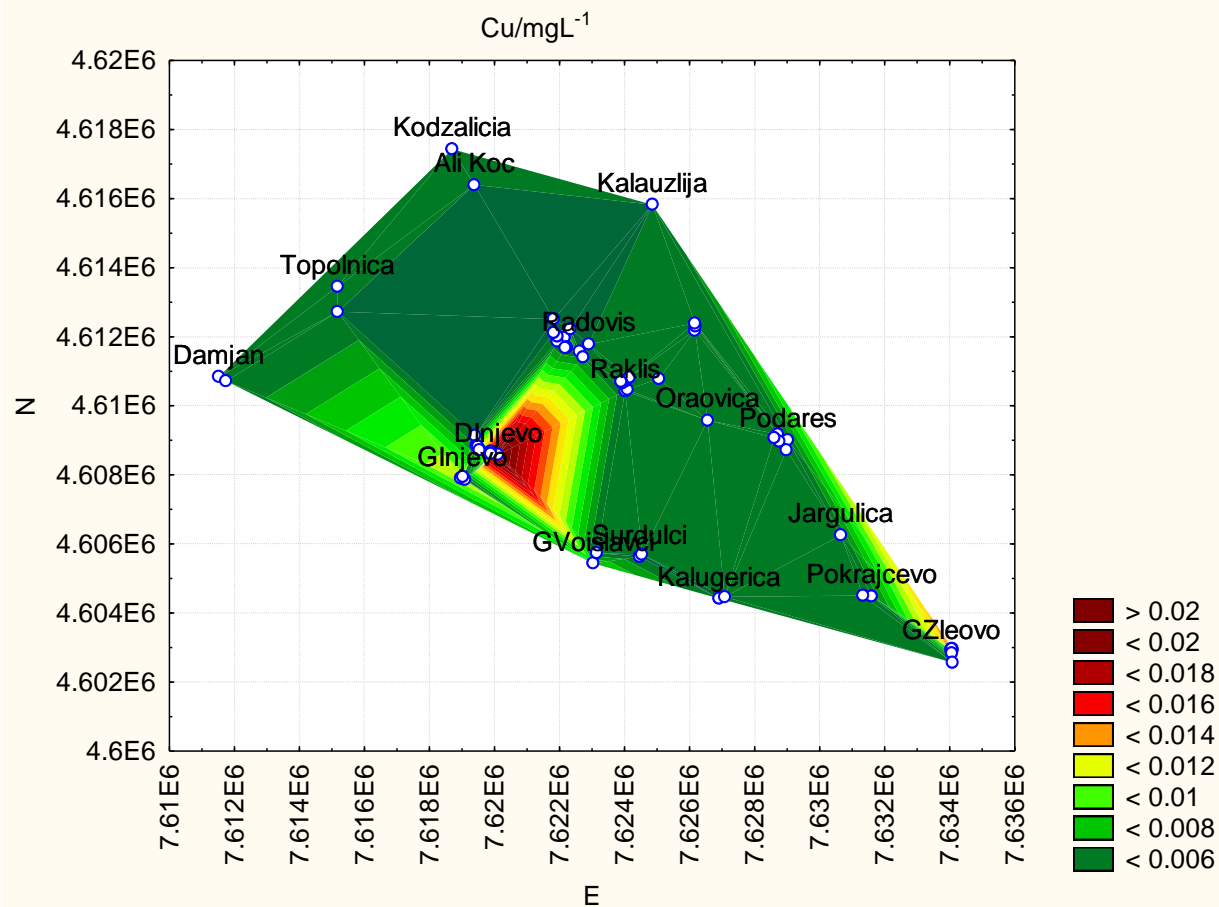


Слика 36. Просторна расподелба на Ва.

Figure 36. Spacial arrangement of Ba.

Бакар. (Cu)

МДК на бакарот според македонската законска регулатива за подземни води е $2000 \mu\text{g/L}^{-1}$. А според европската регулатива за подземни води граничните вредности од 2010 год. за бакарот се $1500 \mu\text{g/L}^{-1}$. Содржината на бакар во пробите од подземни води хистограмски е даден на (сл. 11). Просторен распоред на бакар е претставен на координатен систем (сл. 37). Со минимална застапеност од $0,004 \mu\text{g/L}^{-1}$ во: Подареш (Б-4), Радовиш (П-8) и Радовиш (Б-3). И максимална застапеност на бакар од $0,02 \mu\text{g/L}^{-1}$ во Д. Инјево (Б-1). Во испитаните води во сите 67 пункта, содржината на бакар не ги надминува горните граници за I - II категорија и пропишаните вредности за подземни води. Водите може да се користата за пиење и наводнување од аспект на содржина на бакар. Појавување на бакар во испитуваните подземни води е резултат на геолошката средина на теренот. Бакарот како тежок токсичен метал според приоритетната листа на опасни супстанции (CERCLA од Agency for Toxic Substances I Disease Registry) е рангиран на 128-место според токсичноста за човек. Бакарот исто така се појавува во сите растенија и животни. Тој е есенциален за сите познати живи организми вклучително и луѓето при ниски нивои на внес. При многу високи концентрации, можно е појава на токсични ефекти. Бакарот е есенциален за добро здравје сепак изложеноста на високи дози може да биде опасно, може да предизвика оштетување на црниот дроб и бубрезите, па дури и смрт.

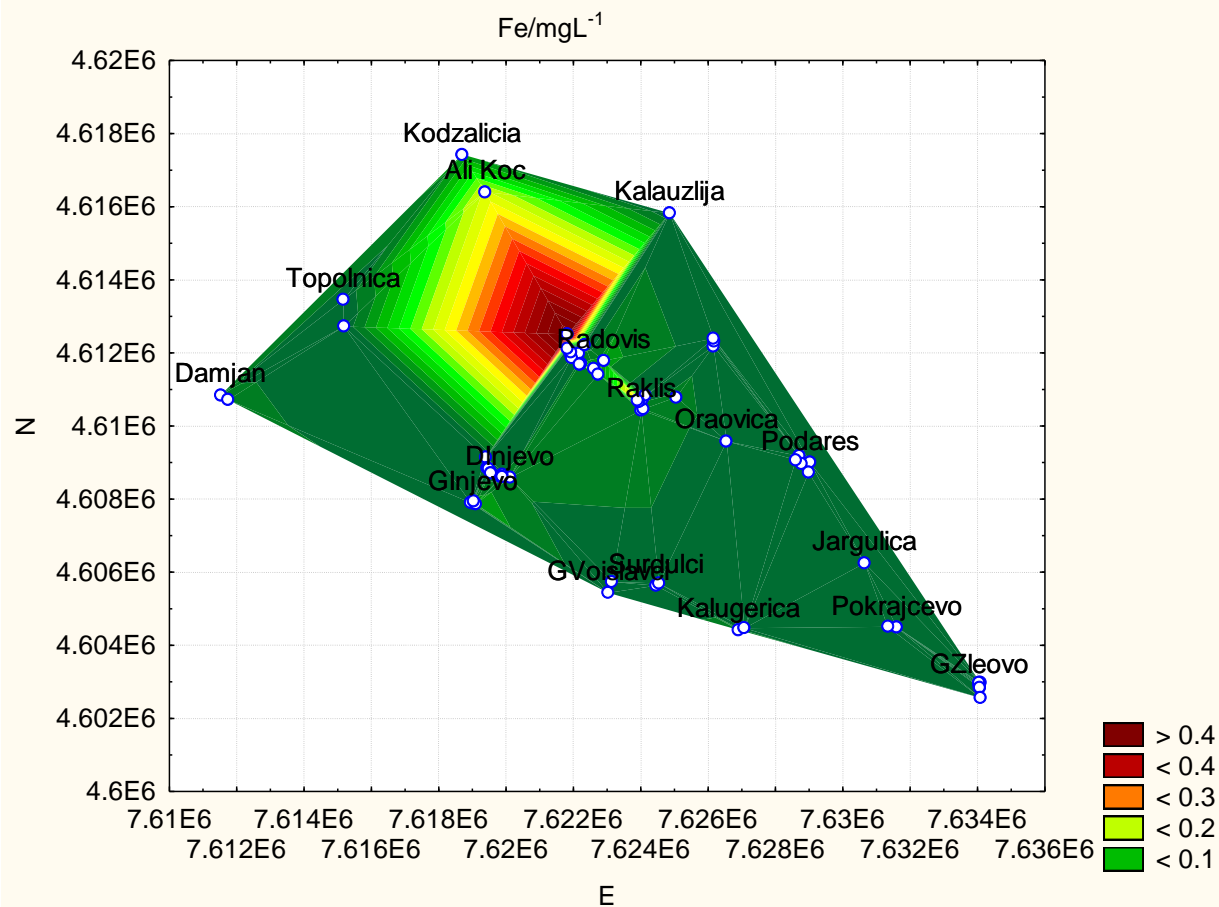


Слика 37. Просторна распределба на Cu.

Figure 37. Spacial arrangement of Cu.

Железо. (Fe)

МДК на железото според македонската законска регулатива за подземни води е $200 \mu\text{g/L}^{-1}$. Содржината на железото во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 12). и е направена споредба, според (МДК) на македонската законска регулатива за подземни води. При што е констатирано зголемени концентрации на железо само во три примерока во Раклиш (Б-3), Радовиш (П-3) и Радовиш (П-8). Просторен распоред на железото е претставен на координатен систем (сл. 38). Со минимална содржина од $0,005 \mu\text{g/L}^{-1}$ во поголем број од пробите, до максимална содржина на железо од $0,493 \mu\text{g/L}^{-1}$ во Радовиш (П-8). Од испитаните води од сите 67 пункта, содржината на железо ги надминува горните граници според македонската регулатива само во 3 проби. Водите може да се користата за пиење и наводнување од аспект на содржина на железо. Појавување на железо во пробите од подземни води е резултат на геолошката средина на теренот. Железото како тежок токсичен метал според приоритетната листа за опсани супстанции (CERCLA од Agency for Toxic Substances I Disease Registry) не е рангиран според токсичноста за човекот, поголем внес на железо може да предизвика гастроинтестинални пречки и може да интерфирира со некои лекови антибиотици. Долготрајна изложеност на премногу железо може да резултира со оштетување на црниот дроб.

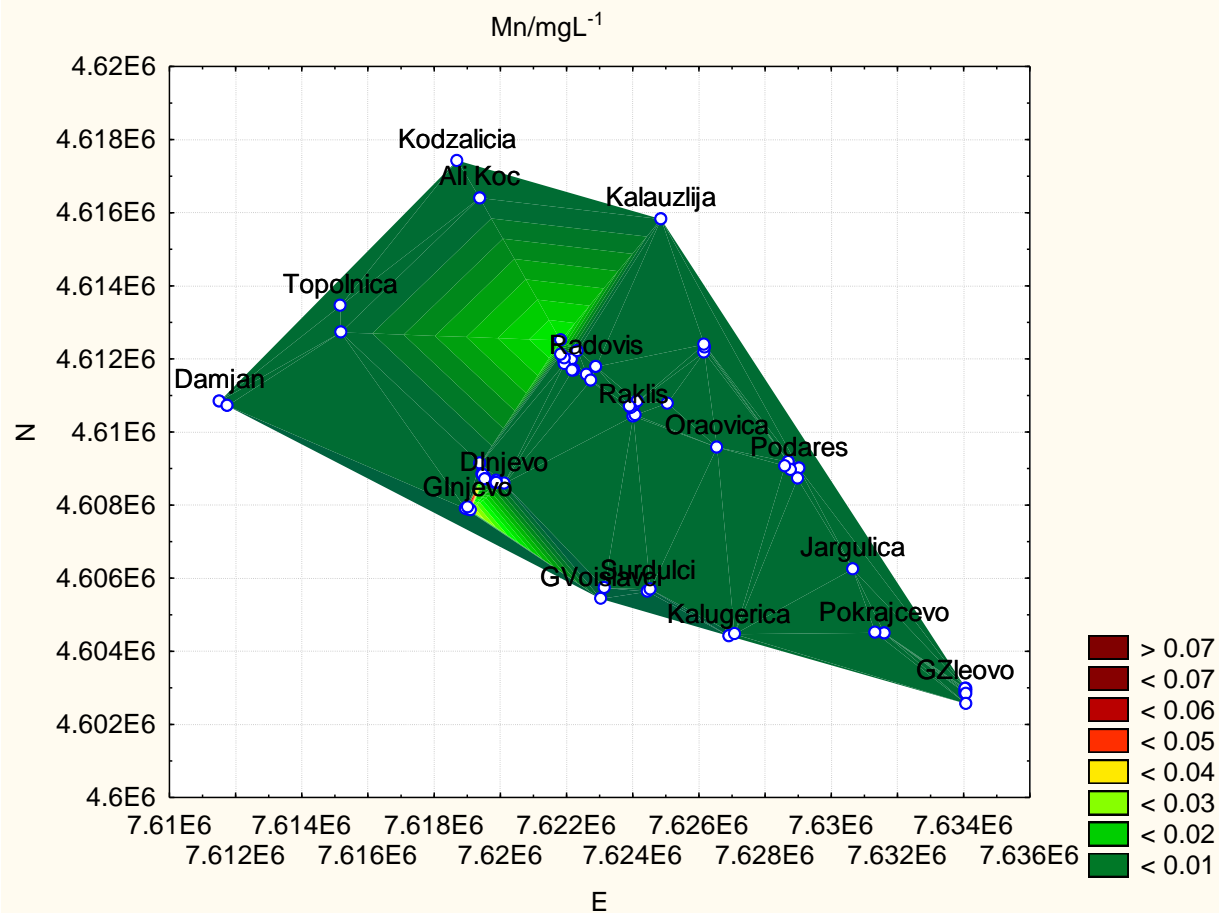


Слика 38. Просторна распределба на Fe.

Figure 38. Spacial arrangement of Fe.

Манган. (Mn)

МДК на манганот според македонската законска регулатива за подземни води е $500 \mu\text{g/L}^{-1}$. Содржината на манган во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 13). При што е направено споредба, според македонската законска регулатива за подземни води. Со максимална концентрација од $0,072 \mu\text{g/L}^{-1}$ во Г. Инјево (Б-14). А пак со содржина од $0,004 \mu\text{g/L}^{-1}$ е утврдена во Радовиш (П-6). Манганот е реално измерен во релативно мал број на испитувани примероци, во само 4 води од вкупно 67 примероци со содржина помала од МДК. Од тие измерени вредности содржината на манган не ја надминува горната граница за I-II класа и пропишаната вредност за подземните води. Просторен распоред на Mn содржински е претставен на координатен систем (сл. 39). Појавување на манган во пробите од подземни води е резултат на геолошката средина на теренот.

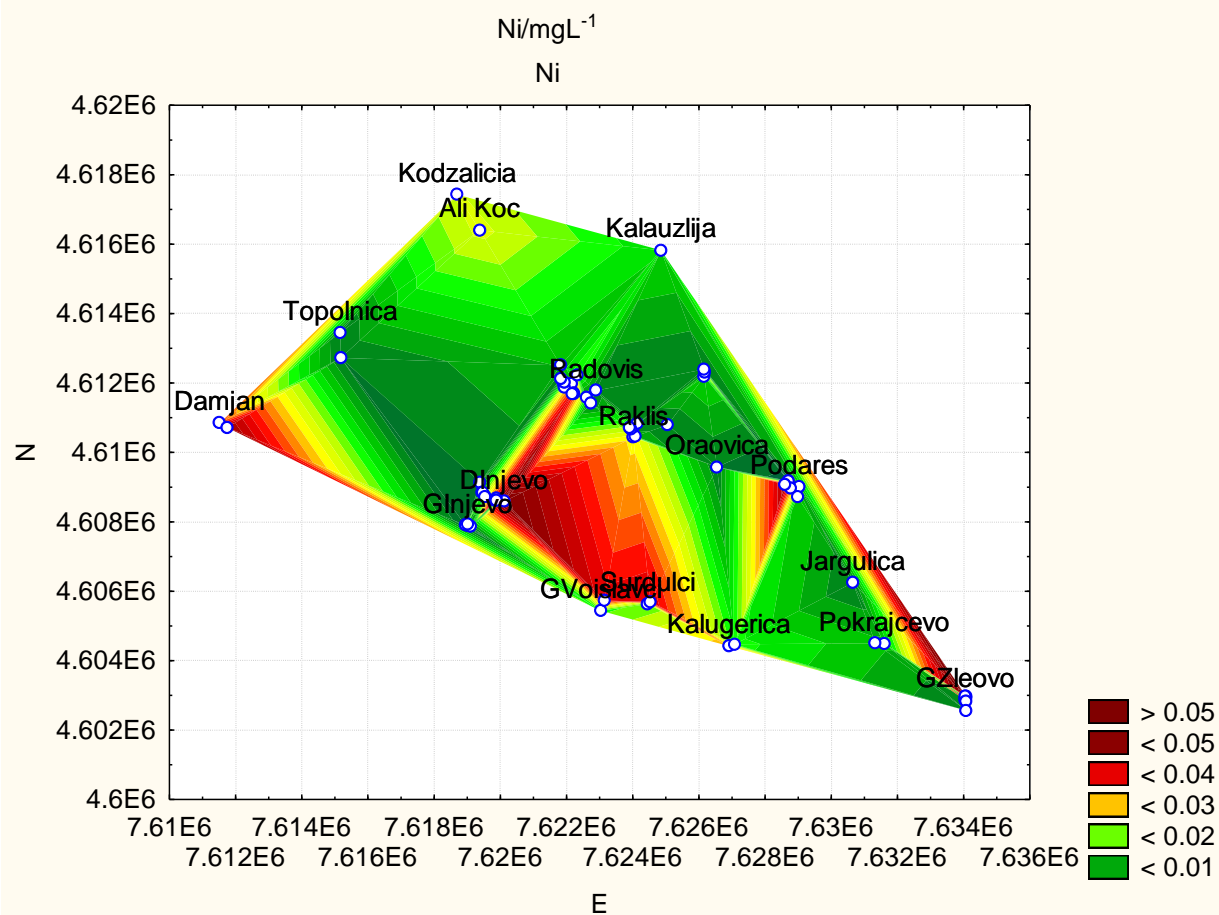


Слика 39. Просторна распределба на Mn.

Figure 39. Spacial arrangement of Mn.

Никел. (Ni)

МДК на никел според македонската законска регулатива за подземни води гранична вредност е $20 \mu\text{g/L}^{-1}$. Во 23 проби од вкупно 67 никелот ја надминува граничната вредност на МДК според македонската законска регулатива за подземни води од $20 \mu\text{g/L}^{-1}$. А според европската регулатива за подземни води граничните вредности од 2010 год. за никел се $15 \mu\text{g/L}^{-1}$ при што во 34 проби никелот ги надминува европските стандарди за подземни води. Содржината на никел во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл.14). Содржината на никел е претставена на просторен распоред на координатен систем на (сл. 40). Со минимална содржина од $0,005 \mu\text{g/L}^{-1}$ во 18 проби, и максимална содржина од $0,054 \mu\text{g/L}^{-1}$, во Д. Инјево (Б-11). Од испитуваните води во 47 пункта (70,1 %) од водите можат да се користат за пиење од аспект на содржина на никел. Во класа I-II припаѓаат 94 % од испитуваните води и само 6,0 % се во III-IV класа. Појавување на никел во пробите од подземни води е резултат на мобилизација од природната геолошка средина на теренот.

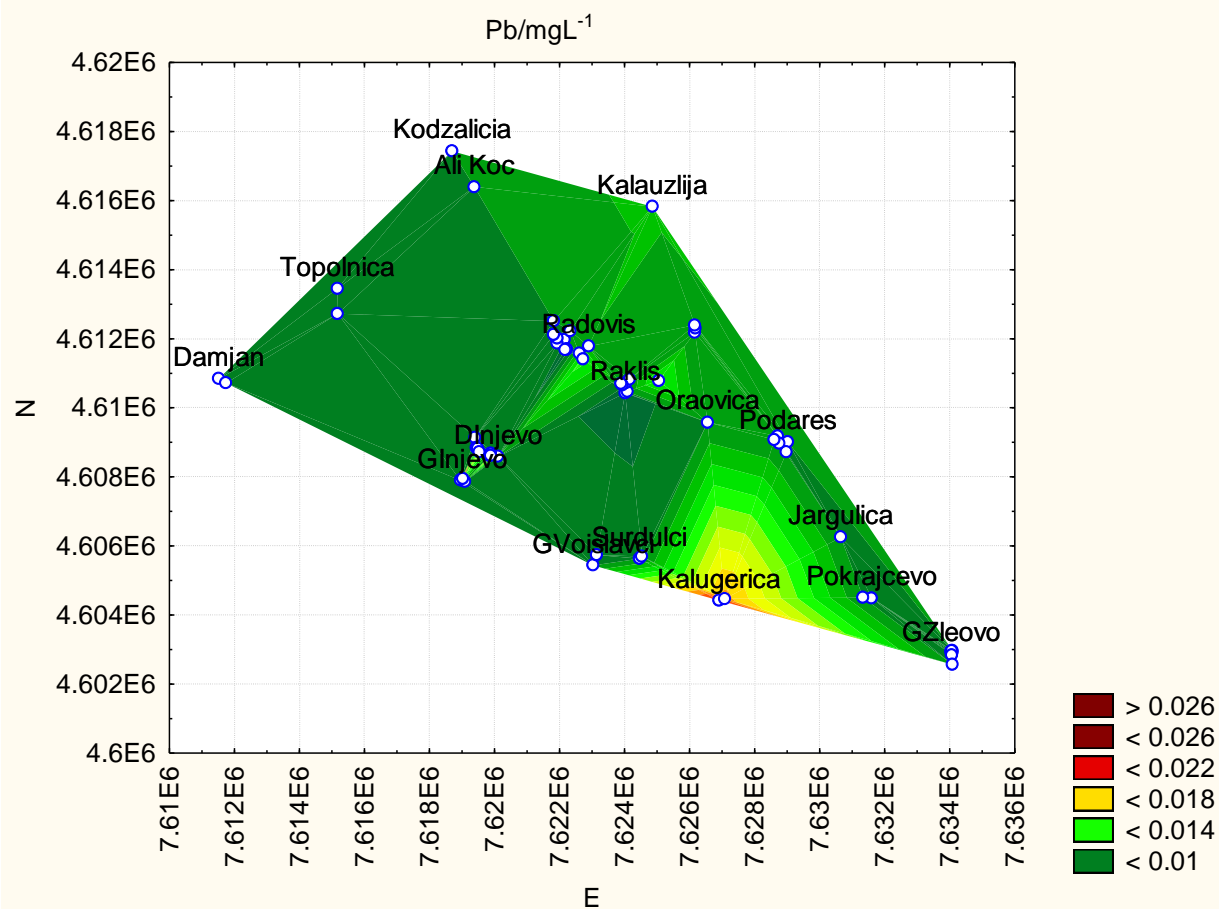


Слика 40. Просторна распределба на Ni.

Figure 40. Spacial arrangement of Ni.

Олово. (Pb)

МДК на оловото според македонската регулатива за подземни води е $10 \mu\text{g/L}^{-1}$, и ја надминува горната гранична вредност во 12 проби од подземни води. А според европската регулатива за подземни води, граничните вредности од 2010 год. за оловото се $18,75 \mu\text{g/L}^{-1}$, и граничната вредност ја надминуваат само во 4 проби од подземни води. Содржината на оловото во пробите хистограмски е дадена на (сл. 15). Просторен распоред на оловото е претставен содржински на координатен систем на (сл. 41) со максимална содржина од $0,002 \mu\text{g/L}^{-1}$, во Калугерица (Б-1) а во преостанатите проби содржината е околу $0,01 \mu\text{g/L}^{-1}$. Содржината на олово во испитуваните води од 55 пункта (82,1 %) е помала или на горната граница од I - II класа помала од пропишаните вредности за пиење. Во води од 12 пункта (17,9 %) содржината на оловото е во границите на III - IV класа. Појавување на олово во пробите од подземни води е резултат на мобилизација од природната геолошка средина на теренот. Оловото припаѓа во групата на исклучително токсични метали и како тежок токсичен метал штетно влијае на нервниот систем кај човекот.

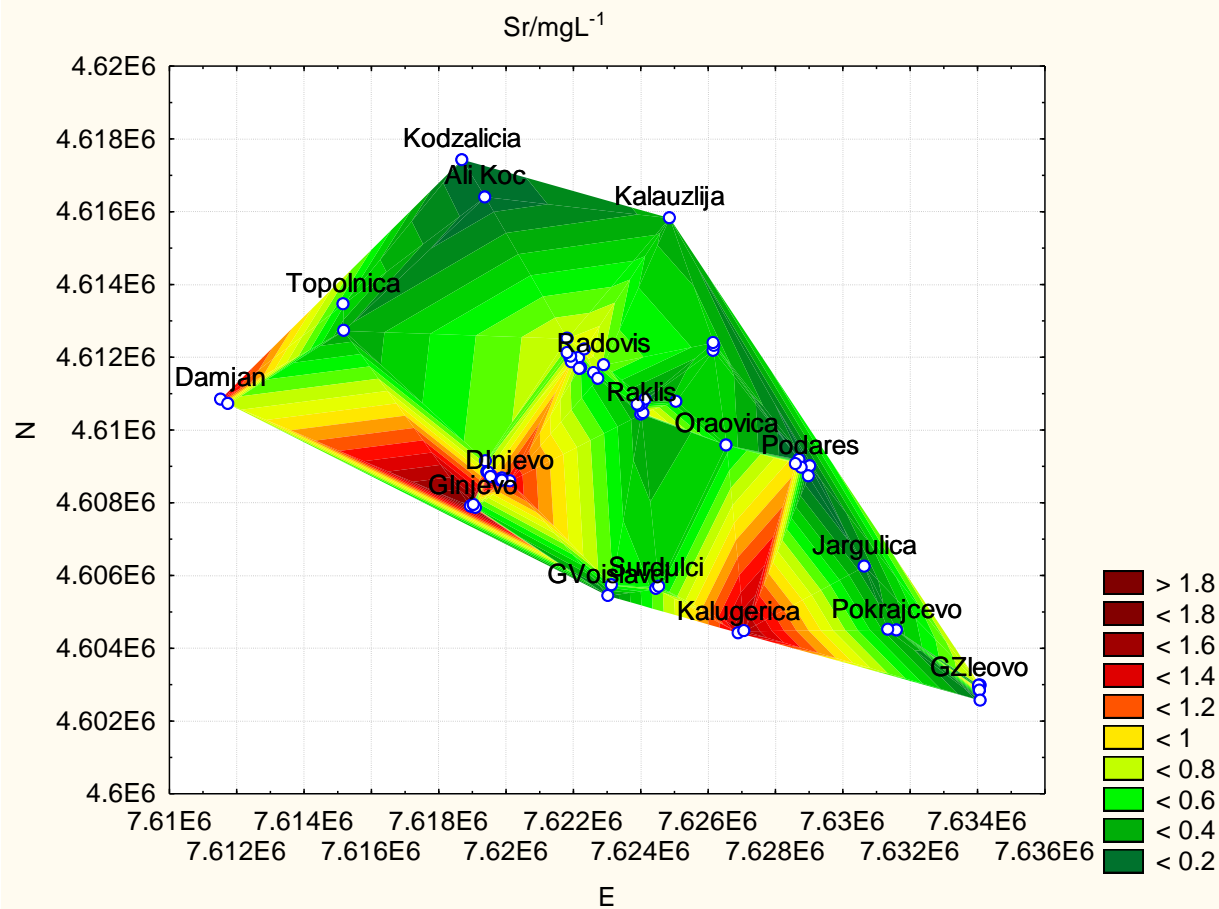


Слика 41. Просторна распределба на Pb.

Figure 41. Spacial arrangement of Pb.

Стронциум. (Sr)

Содржината на стронциумот во пробите од подземни води хистограмски е даден на (сл. 16). Содражината на стронциумот е претставена на просторен распоред на координатен систем на (сл. 42). Со максимална содржина од $1,8341 \mu\text{g/L}^{-1}$ во проба од Д. Инјево (Б-13). До минимална содржина од $0,1008 \mu\text{g/L}^{-1}$ во проба од Подареш (Б-2). Стронциумот е соединеније од 4 природни изотопи (^{84}Sr , ^{86}Sr , ^{87}Sr и ^{88}Sr) а познати се и 19 радиоактивни соединенија со полупериод на распаѓање од 27,7 год. Зголемени содржини на стронциум се потврдени во подземните води од југоисточниот дел од Радовишка котлина. Појавување на стронциум во пробите подземни води е резултат на мобилизација од природната геолошка средина на теренот.

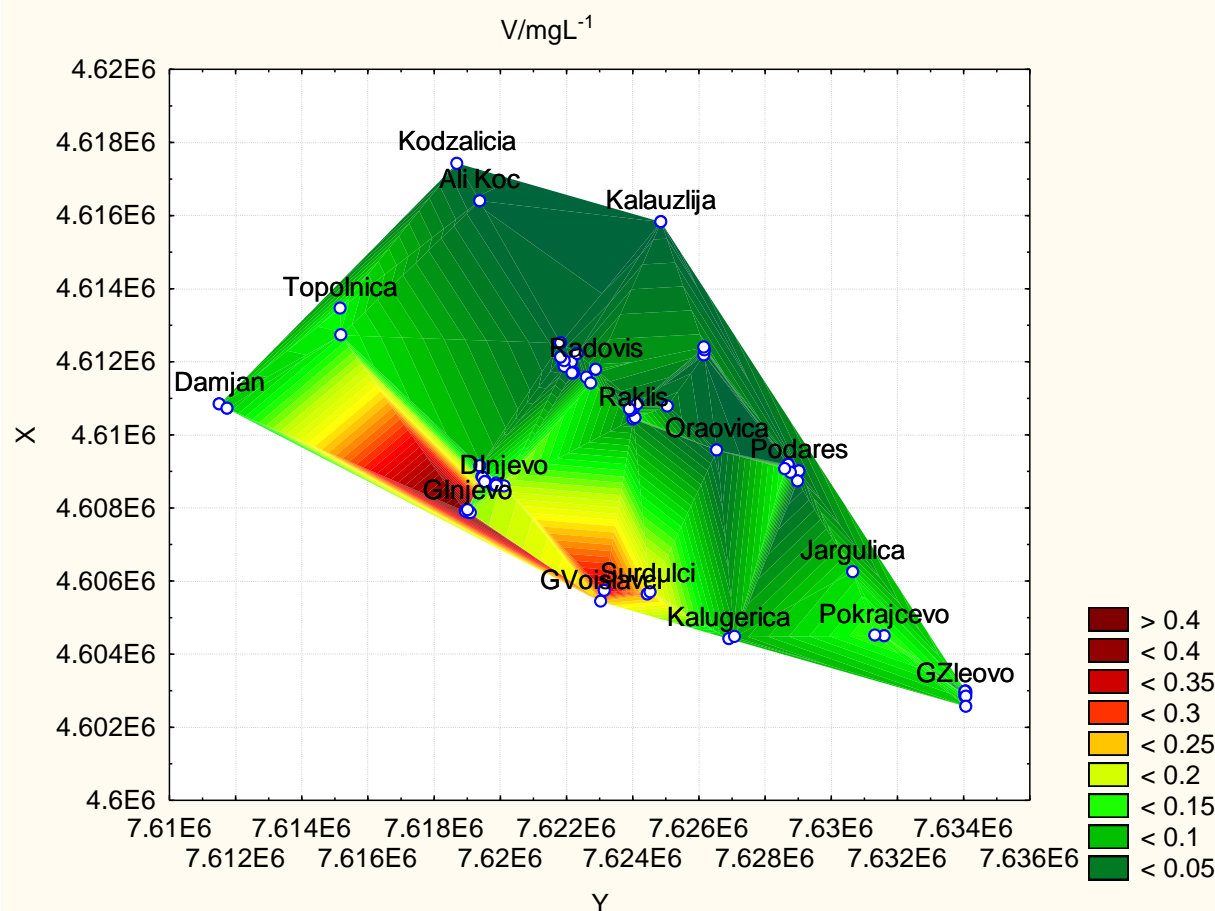


Слика 42. Просторна распределба на Sr.

Figure 42. Spacial arrangement of Sr.

Вандиум. (V)

МДК на ванадиумот според македонската законска регулатива за подземни води е $500 \mu\text{g/L}^{-1}$. Содржината на ванадиум во пробите од подземни води хистограмски е даден на (сл. 17). и е направено споредување, според граничните вредности на македонската законска регулатива за подземни води, при што се забележува дека во ниту една проба од испитуваните подземни води, ванадиумот не ја надминува граничната вредност. Содржината на ванадиум е претставена на просторен распоред на координатен систем на (сл. 43). Со максимална содржина од $0,447 \mu\text{g/L}^{-1}$ во Г. Инјево (И-1) и минимална содржина од $0,013 \mu\text{g/L}^{-1}$ во проба од Калаузлија (И-1). Појавување на ванадиум во пробите од подземни води е резултат на мобилизација од природната геолошка средина на теренот.

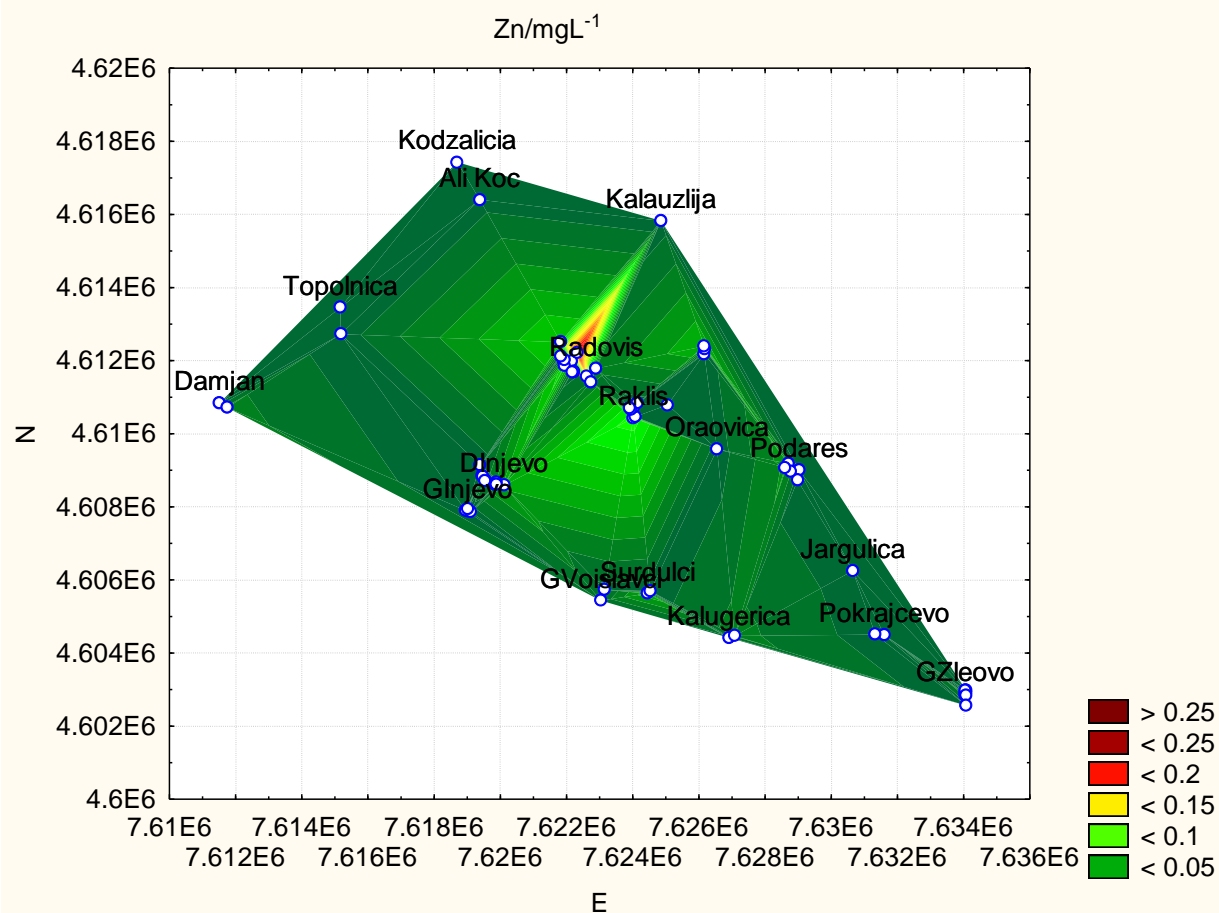


Слика 43. Просторна распределба на V.

Figure 43. Spacial arrangement of V.

Цинк. (Zn)

МДК на цинкот според македонската законска регулатива за подземни води е $3000 \mu\text{g/L}^{-1}$. Содржината на цинк во пробите од подземните води хистограмски е дадена на (сл. 18). Од вкупно 67 проби од подземни води, цинкот во ниту една проба не ја надминува граничната вредност според македонската законска регулатива за подземни води. И од аспект на содржината на цинк подземните води можат да се користат за пиење и за наводнување. Содржината на цинк е претставена на просторен распоред на координатен систем на (сл. 44) со максимална содржина од $0,2193 \mu\text{g/L}^{-1}$ во Радовиш (Б-3), и минимална содржина од $0,0047 \mu\text{g/L}^{-1}$ во Г. Инјево (И-1). Од одредените води од 67 пункта само кај 4 проби е застапен цинк со минимални содржини од пропишните вредности. Појавување на цинк во многу мали содржини во пробите од подземни води е резултат на мобилизација од природната геолошка средина на теренот.



Слика 44. Просторна распределба на Zn.

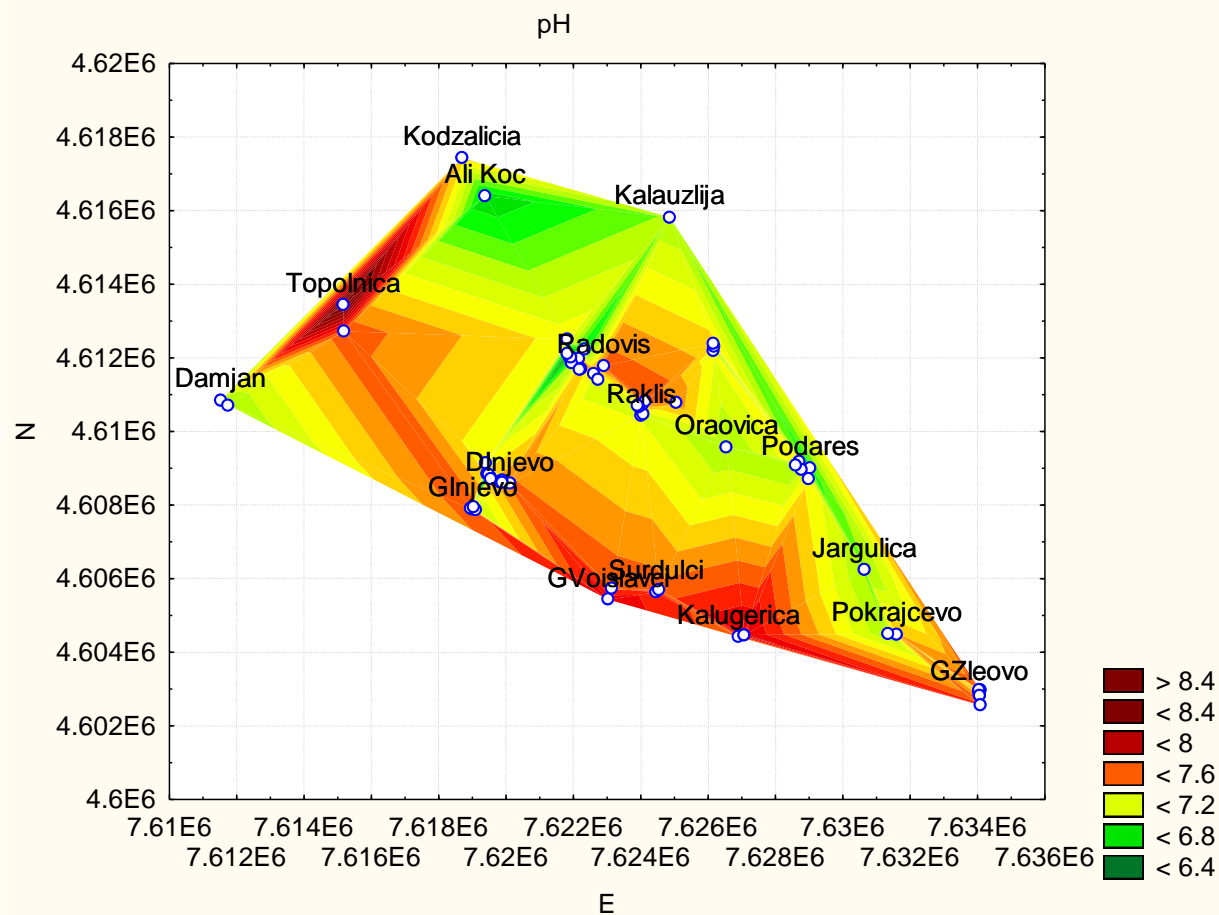
Figure 44. Spacial arrangement of Zn.

Температура

Влијанието на температурата на подземните води зависи од длабочината на која се наоѓаат водите. Температурата на испититуваните води во март- април 2012 е во опсег од 7- 23 °C. Максималната вредност е измерена во вода од цевен бунар во Раклиш од 23 °C, и минимална во Подараш (Б-1) и (Б-2) од 7 °C. Температурата на пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 19). Температурата на подземните води е значаен фактор, кој ги контролира хемиските и биолошките реакции во водата, растварањето на минералните материи со кои овие води се во контакт, како и развојот на видот и количеството на планктонската флора (Hutchinson 17 Heath, 1989).

pH

МДК на pH според македонската законска регулатива за подземни води се движи од 6,5 - 8,5. Хистограмски приказ на pH е даден на (сл. 20) и е направена споредба, според МДК на македонската законска регулатива. pH е важен еколошки фактор кој дава информации за многу типови на геохемиски рамнотежи (Shyamala et al. 2008). pH влијае не само на реакциите со CO_2 , туку исто така и на растворливоста на органските и неорганските супстанции во водите. Нормален опсег од вредности за површински и подземни води е 6,5 - 8,5. Измерените вредности за pH на испитуваните подземни води се во границите од 6,2 во (Долно Ињево Б-5), до - 8,4 во (извор од Дамјан). Во 67 испитувани примероци измерените вредности се во границите на дозволените вредности (6,5-8,5), единствено водата со минимална вредност за pH 6,2 во (Долно Ињево Б-5) не ја надминува дозволената вредност според МДК. Може да се констатира дека само во три води се измерени pH вредности кои се надвор од биолошки оптимум во, Горно Воиславци во (Б-1) од (7,8 pH), Сулдурци во (Б-1) од (7,7 pH) и Калугерица во (Б-2) од (7,8pH). Ph на пробите од подземни води е претставена на просторна распределба на координатен систем со pH минимум од 6, 243 во Д. Инјево (Б-5) и максимум од 8, 403 во Дамјан (И-1) дадено е на (сл. 45). Води со пониски вредности за pH од 6,5 имаат слаб кисел карактер и во принцип се меки, и корозивни. Таквите води може да имаат и метален или киселкаст вкус и карактеристична “сино-зелена” обоеност, затоа што таквите води може да содржат и зголемени концентрации на метали, како на пример, Fe, Mn, Cu, Pb, Zn.

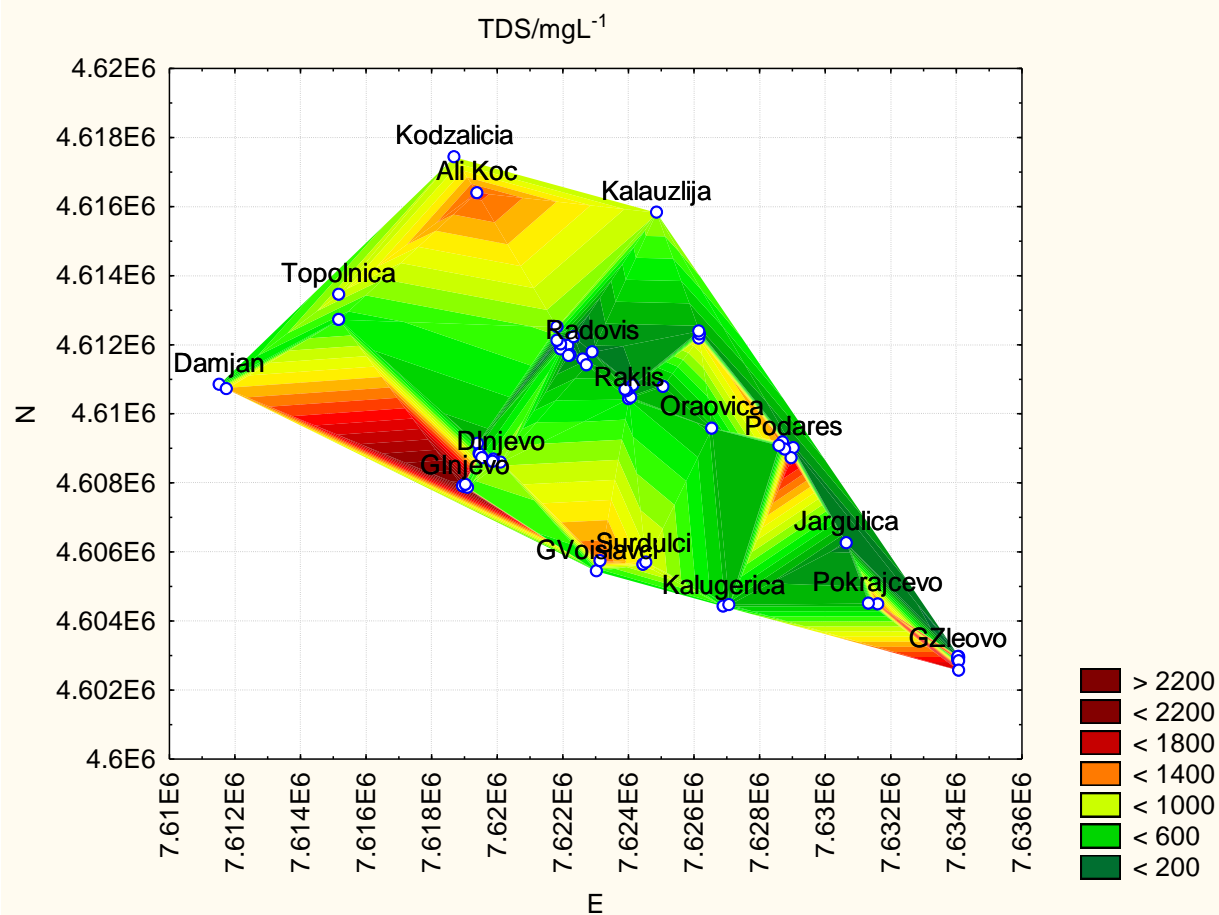


Слика 45. Просторна распределба на pH.

Figure 45. Spacial arrangement of pH.

TDS

МДК на TDS според македонската законска регулатива за подземни води е 2000 mg/L^{-1} . Содржината на TDS на проби од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 21). Измерените вредности за TDS во испитуваните води се движат во опсег од минимална вредност 97 mg/L^{-1} , во Горно Ињево (Б-7) до максимална вредност од 2252 mg/L^{-1} , во Горно Ињево И-1, и е претставена содржината на просторна распределба на координатен систем (сл. 46). Во сите води освен во Горно Ињево (Б-7), вредностите за TDS не ја надминуваат препорачаната МДК од македонската регулатива за подземни води од 2000 mg/L^{-1} . Вредноста за TDS укажува на вкупната содржина на соли во водите - солености се во директна врска со содржината на вкупно растворени јонски супстанции (Harilal et al. 2004). Служи за проценка на вкупно растворените соли во водата (Purandara et al. 2003), а кои може да влијаат на вкусот и погодноста за примена на водите за различни цели. Високите вредности за TDS укажуваат на високи концентрациите на катјоните на калциум, магнезиум, натриум, калиум и анјоните хидроген карбонати, хлориди, сулфати, нитрати и фосфати (10, 10 - 11). Зголемените концентрации за вкупно растворени јонски супстанции се последица од геологијата на теренот но и укажуваат и на можни контаминации со комунални отпадни води. Според WHO, 500 mg/L^{-1} се дозволени вредности за TDS (вкупно растворени соли). Води кои содржат повеќе од 500 mg/L^{-1} TDS не се препорачливи за пиење и може да доведат до некои болести поради вишокот на растворени соли.

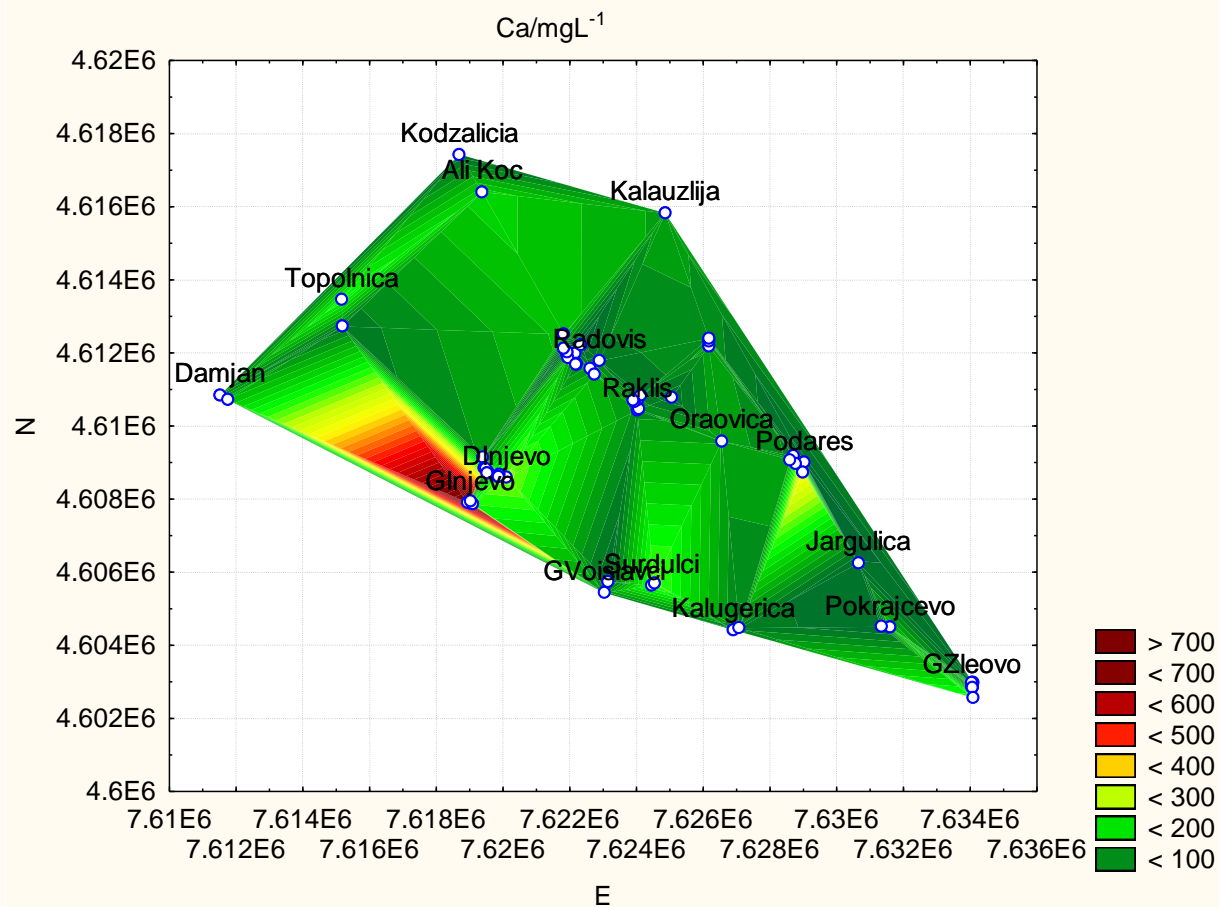


Слика 46. Просторна распределба на TDS/mg/L⁻¹.

Figure 46. Spacial arrangement of TDS/mg/L⁻¹.

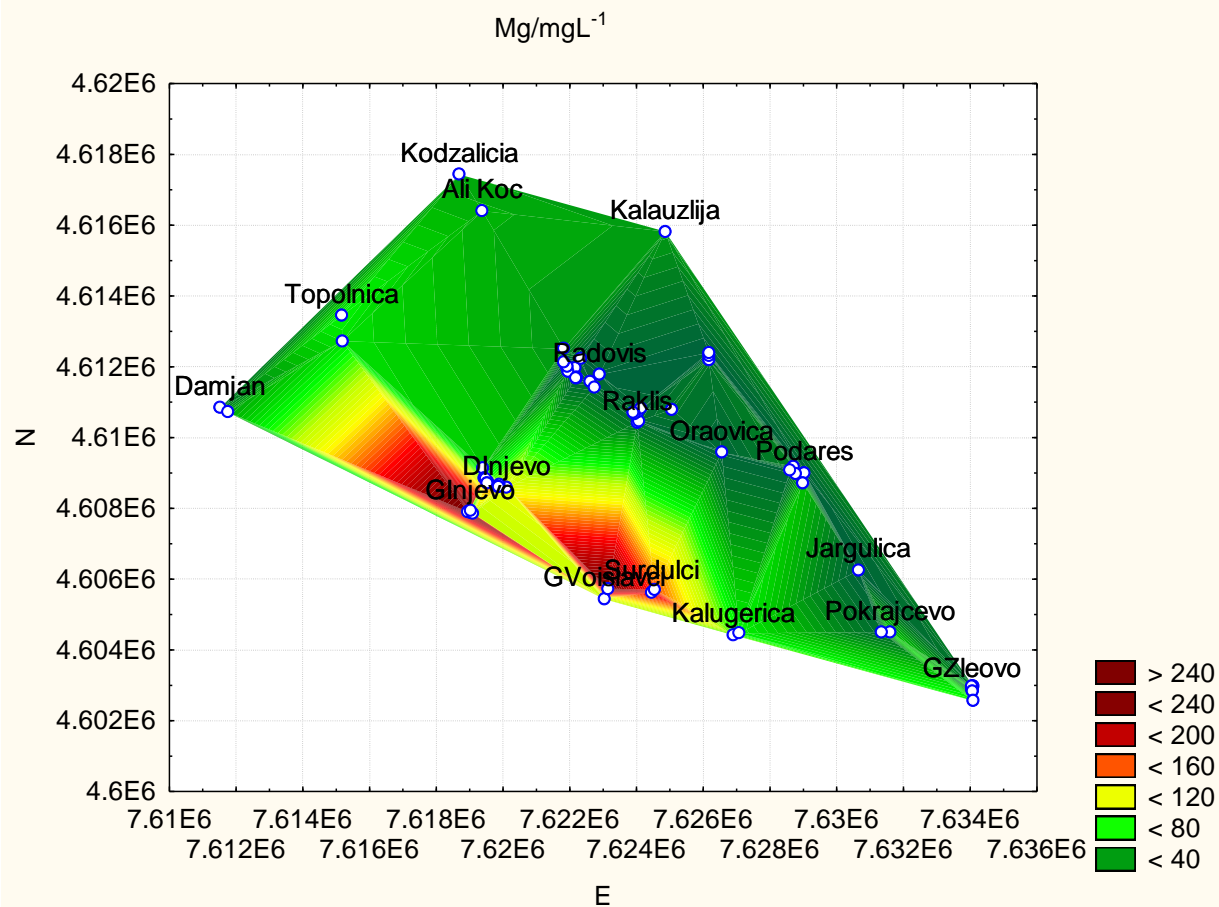
Тврдина на водата

МДК според македонската законска регулатива за подземни води за Са е 200 mg/L^{-1} и за Mg 50 mg/L^{-1} . Пробите од подземни води хистограмски се дадени со содржина на калциум и на магнезиум на (Сл. 22 и 23). Тврдината е важен параметар за намалување на токсичните ефекти на некои од елементите. Испитуваните води претставени се содржински на просторна распределба на координатен систем (сл. 47 и 48) и е одредена тврдина во опсег од 13 mg/L^{-1} во Коџалја (И-1) до 733 mg/L^{-1} . Горно Ињево (И-1). Во најголем број, добиените вредности ја надминуваат МДК за тврдина на подземни води, одредени од МДК концентрациите за Са 200 mg/L^{-1} и 50 Mg mg/L^{-1} (35° dH). Испитуваните води се многу тврди води. Високите вредности за вкупната тврдина на испитуваните води воглавно се должи на растварањата од магматски карпи и карбонатни карпи (доломит, калцит и варовник). Зголемените концентрации на калциум и магнезиум во подземните води се последица од геолошката градба на теренот. Во водите од Долно Ињево, концентрациите и на двата елемента ги надминуваат МДК споредени со македонските стандарди за подземните води. Во просек поголем е бројот на води кај кои измерените концентрации за магнезиумот се повисоки од 50 mg/L^{-1} . вредноста за МДК за подземни води. Максималните концентрации за Ca^{2+} и Mg^{2+} , се измерени во вода од Горно Ињево (Б-9). Понекогаш при подолготрајно консумирање на тврди води, може да се јават здравствени проблеми, како на пример опаѓање на косата, проблеми со кожата, пореметување на функцијата на бубрезите и др.



Слика 47. Просторна распределба на Ca²⁺/mgL⁻¹.

Figure 47. Spacial arrangement of Ca²⁺/mgL⁻¹.

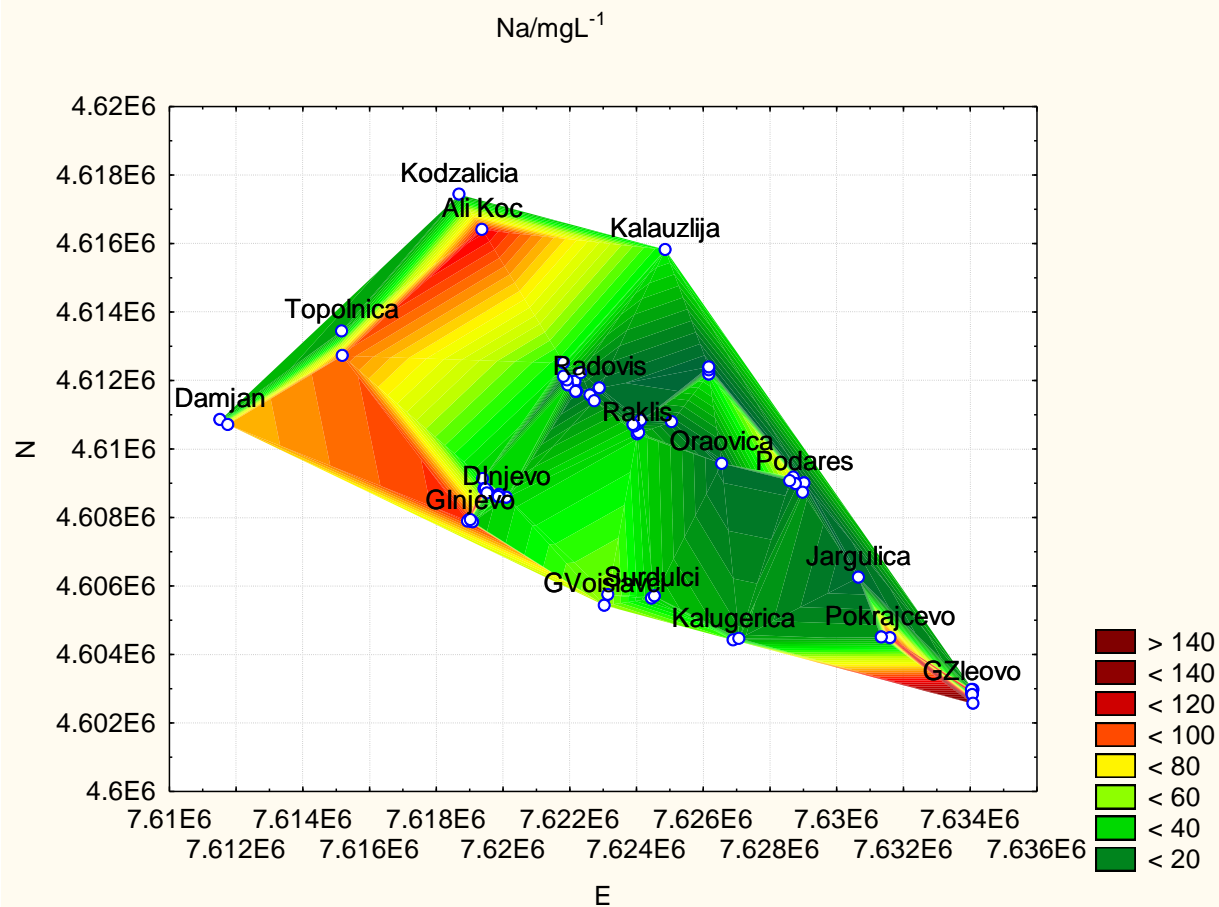


Слика 48. Просторна распределба на $\text{Mg}^{2+}/\text{mgL}^{-1}$.

Figure 48. Spacial arrangement of $\text{Mg}^{2+}/\text{mgL}^{-1}$.

Натриум

МДК за натриумот за подземни води, според македонската законска регулатива е 200 mg/L^{-1} . А според европската регулатива за подземни води граничните вредности од 2010 год. за натриум се 150 mg/L^{-1} . Содржината на натриум во подземните води хистограмски е дадена на сл. 24). При направената споредба, на МДК според македонската законска регулатива за подземни води натриумот во ниту една од пробите не ги надминува дозволените гранични вредности. А според европската законска регулатива за подземни води натриумот ја надминува граничната вредност само во една проба и тоа во Покрајчево (Б.2). Содржината на натриумот е претставена на просторна распределба на координатен систем (Сл. 49). Опсегот од одредени концентрации на натриум е од минимална вредност 4 mg/L^{-1} , во Калаузлија (И-4) и до максимална 163 mg/L^{-1} , во Покрајчево (Б-2). Зголемените концентрации на натрим во подземните води се последица од геолошката градба на теренот.

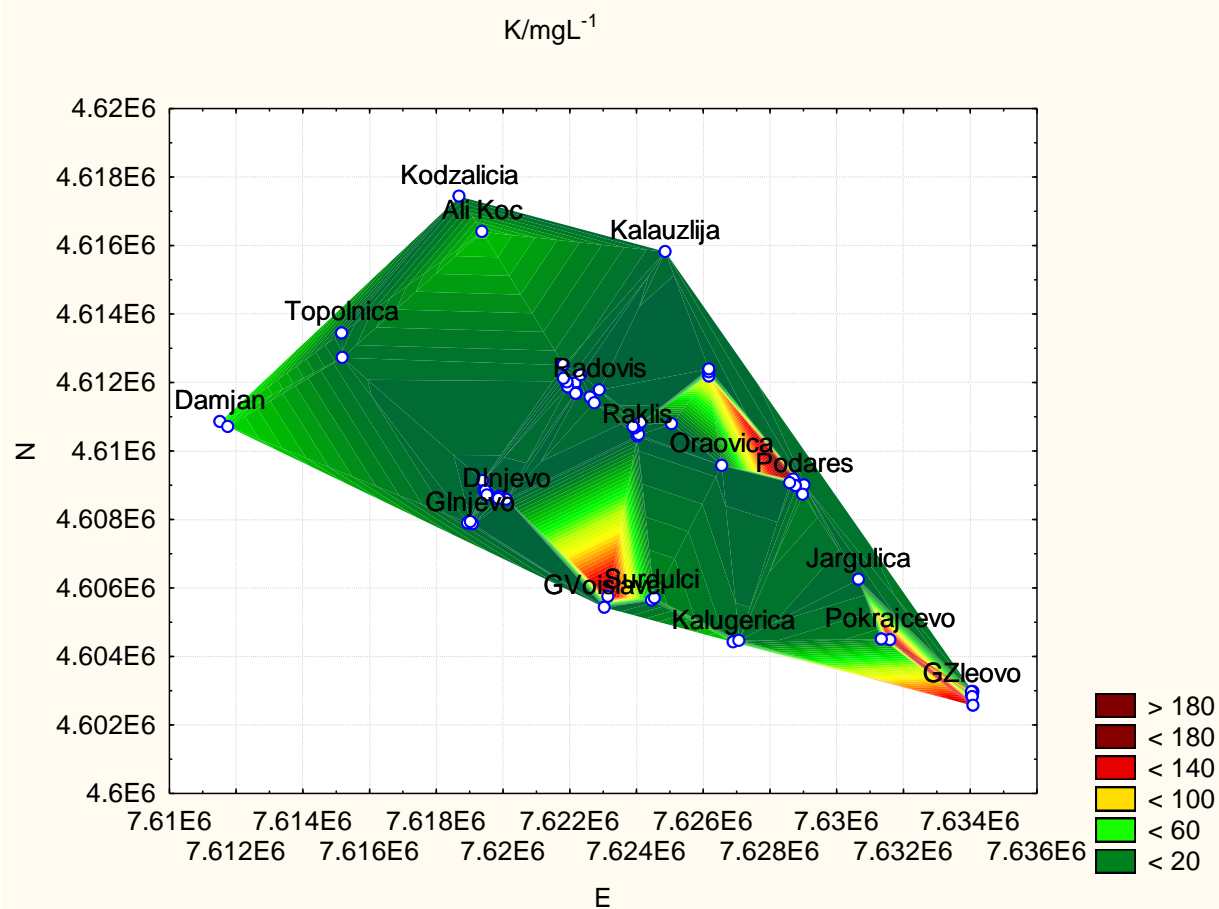


Слика 49. Просторна расподелба на $\text{Na}^{2+}/\text{mgL}^{-1}$.

Figure 49. Spacial arrangement of $\text{Na}^{2+}/\text{mgL}^{-1}$.

Калиум

МДК на калиумот според македонската законска регулатива за подземни води е, 12 mg/L^{-1} . Содржината на калиум хистограмски е дадена на (сл. 25). Во испитуваните води, содржината на калиумот е повисока од МДК (Македонска законска регулатива) за подземни води од 12 mg/L^{-1} во три води, Сулдурци (Б-2), Калуѓерица (Б-1) и одредената екстремно висока концентрација за калиум во Подареш (Б-4). Содржината на калиум во испитуваните води од 19 пункта ја надминуваат пропишаната вредност за дозволени концентрации во подземни води. Тоа се претежно води од бунари во дел од Воиславци, Сулдурци, Калуѓерица, Ораовица, Подареш и во сите води од Горно Злеово. Зголемените концентрации на калиум се последица од геолошката градба теренот. Опсегот на одредени концентрации на калиум е многу широк и е претставен на просторна распределба на координатен систем (сл. 50), од минимална вредност $0,78 \text{ mg/L}^{-1}$ во Долно Ињево (Б-12) до максимална 189 mg/L^{-1} во Подареш (Б-4).

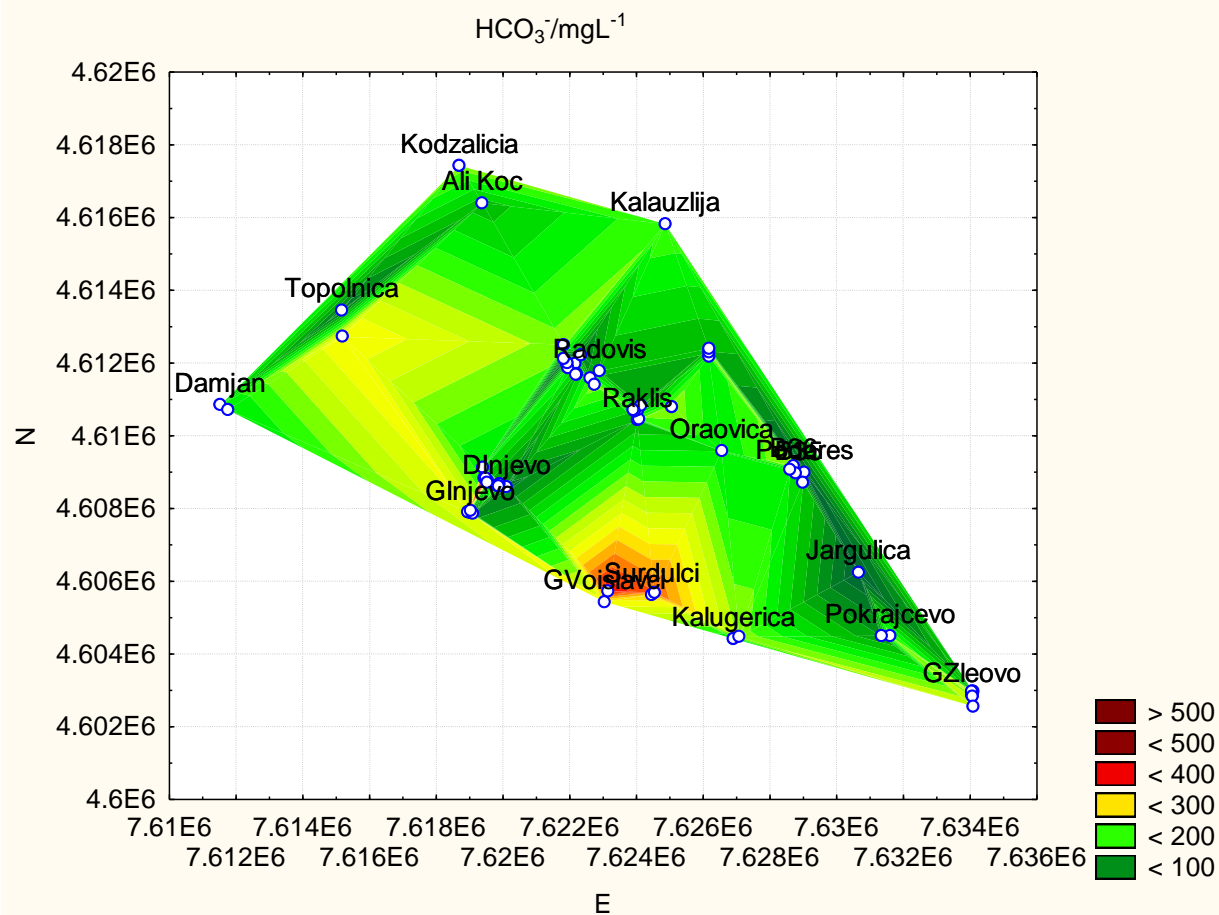


Слика 50. Просторна распределба на K⁺/mgL⁻¹.

Figure 50. Spacial arrangement of K⁺/mgL⁻¹.

Анјонски состав

МДК за подземни води според македонската законска регулатива за HCO_3^- е повеќе од 30 mg/L^{-1} . Содржината на HCO_3^- во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 26). при што е направена споредба со МДК за подземни води според македонската законска регулатива. Во 10 проби HCO_3^- ја надминува граничната вредност повеќе од 30 mg/L^{-1} , а преостанатите 57 проби од подземни води се испод дозволените вредности. Вредностите за концентрациите за алкалноста изразена како водороден карбонатните анјони одредена на водите укажува на природата на солите присутни во водата. Причините за алкалноста на водите е растварањето на минералите од почвите во водите. Различни јони имаат удел во алкалноста, како на пример, водороден карбонати, хидроксида, фосфати, борати и органски киселини. Овие фактори се карактеристики на изворите на вода и природните процеси кои се случуваат (Sharma, 2004). Појавата на HCO_3^- во пробите од подземни води е последица од геолошката граѓа на теренот. Опсегот од одредени концентрации на водороден карбонатите одредени како алкалност е од минимална вредност 38 mg/L^{-1} , во Коџалија Извор -1, до максимална 540 mg/L^{-1} во Долно Ињево (Б-5) и е претставен на просторна распределба на координатен систем (сл. 51).

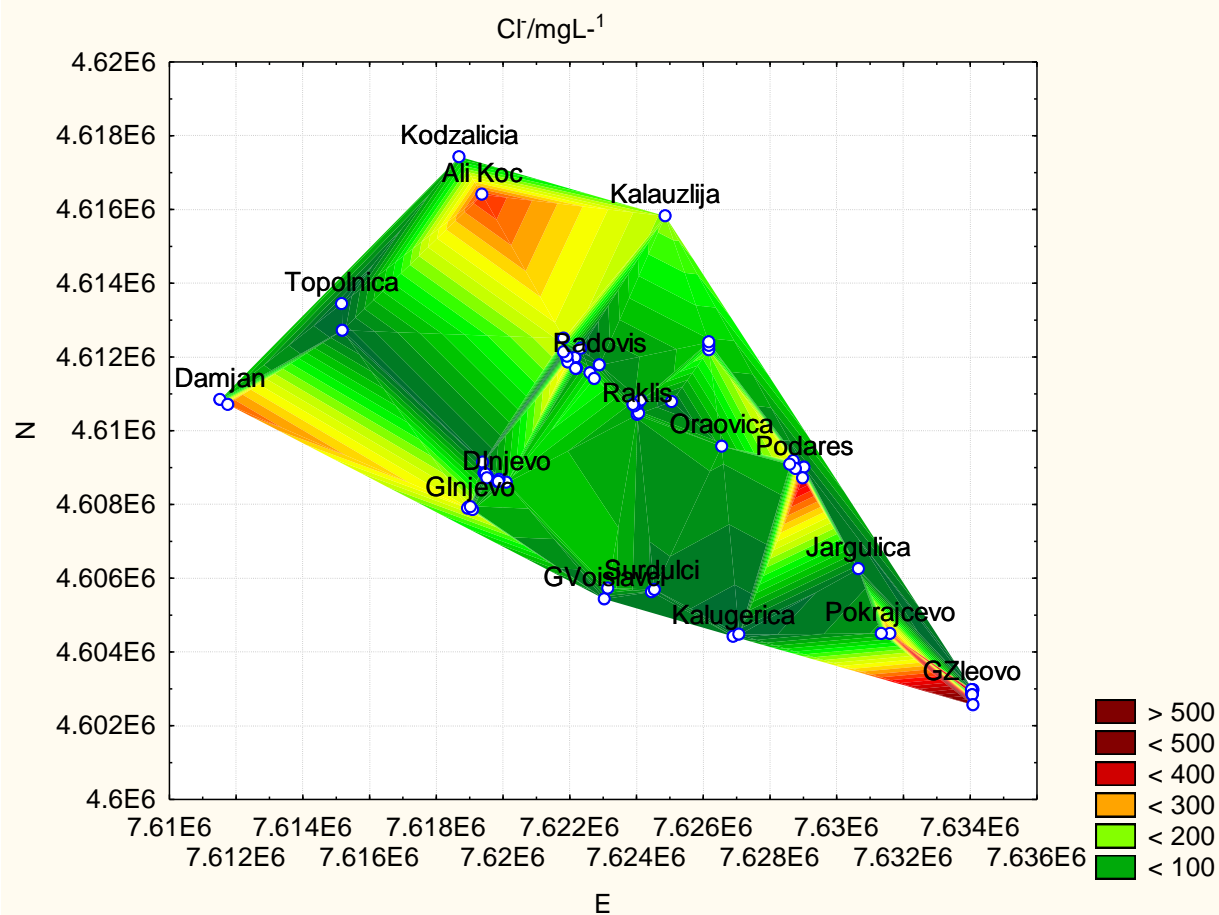


Слика 51. Просторна распределба на $\text{HCO}_3^-/\text{mgL}^{-1}$.

Figure 51. Spacial arrangement of $\text{HCO}_3^-/\text{mgL}^{-1}$.

Хлориди

Според македонската законска регулатива МДК на хлоридите за подземни води е 250 mg/L^{-1} . А според европската регулатива за подземни води граничните вредности од 2010 год. за хлориди се $187,5 \text{ mg/L}^{-1}$. Содржината на Cl^- во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 27). Во 12 проби од подземни води хлоридите ги надминуваат граничните вредности според македонската законска регулатива. А според европската регулатива за подземни води во 17 проби од подземни води хлоридите ги надминуваат дозволените гранични вредности. А во останатите 38 проби хлоридите се испод дозволените гранични вредности. Хлоридите вообичаено се сретнуваат како: NaCl , CaCl_2 и MgCl_2 во голем опсег на концентрации во подземните води. Може да бидат и контаминанти на подземните води, чиј извор се канализациони води и комунален отпад (Shaikh and Mandre, 2009). Зголемената содржина на хлоридите во подземните води се резултат на антропогените загадувања. Хлоридите се претставени содржински на просторна распределба на координатен систем (сл. 52) и се одредени во концентрационен опсег од минимална $17,4 \text{ mg/L}^{-1}$ во Дамјан извор, до максимална 400 mg/L^{-1} во Горно Злеово (Б-7).

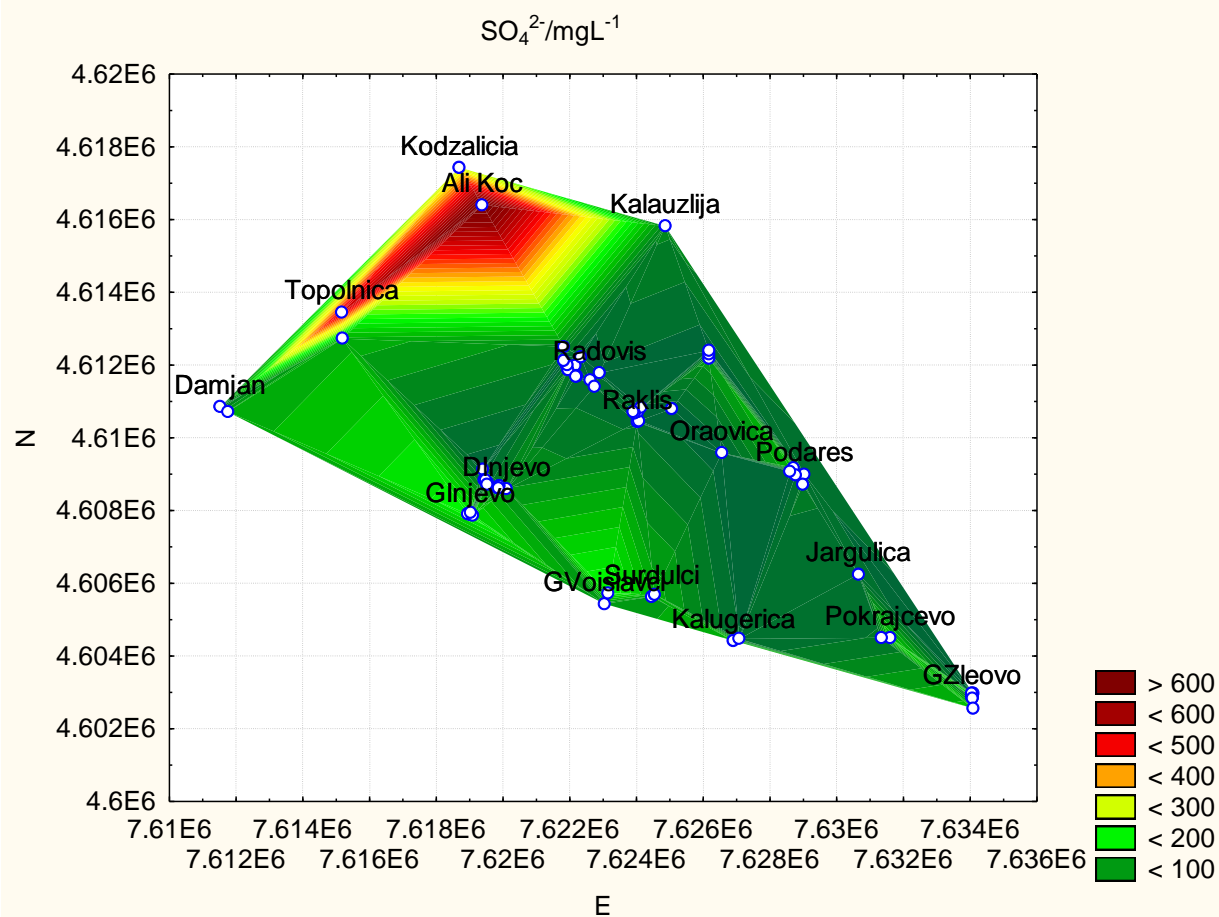


Слика 52. Просторна распределба на $\text{Cl}^-/\text{mgL}^{-1}$.

Figure 52. Spacial arrangement of $\text{Cl}^-/\text{mgL}^{-1}$.

Сульфати, SO_4^{2-}

Горната гранична вредност на сульфати според македонската законска регулатива е 250 mg/L^{-1} . Повисоки концентрации за сулфатните јони ($>100 \text{ mg/L}^{-1}$) се забележуваат во 3 примерока од Тополница (И-1), Дамјан (И-1) и Тополница, (П-1). Единствено концентрацијата на сулфатните анјони одредени во тие три води ја надминуваат МДК за подземни води, па затоа таа вода не е погодна за пиење. А според европската регулатива за подземни води граничните вредности од 2010 год. за сульфати се $187,5 \text{ mg/L}^{-1}$, и само во пет примерока од подземни води се забележуваат повисоки концентрации на сулфатни јони во Тополница (И.1), Дамјан (И-1) и Тополница, (П-1), г. Воиславци (Б-2) и г. Инјево (Б-9). Содржината на SO_4^{2-} во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 28). Сулфатите може да се и индикатор за загадување на водите со руднички отпадни води, за што постои индикација во нашиве испитувања, затоа што највисоката концентрација за сулфатните анјони е измерена во води од (П-1) од Тополница, кој е релативно најблизу до рудникот Бучим. Зголемената содржина на сульфати во подземните води се резултат на антропогените загадувања. Концентрациониот опсег за сулфатите во испитуваните води се претставени на просторна распределба на координатен систем на (сл. 53) од минимална 2 mg/L^{-1} , во Раклиш (П-1) до максимална 697 mg/L^{-1} во Тополница (П-1).

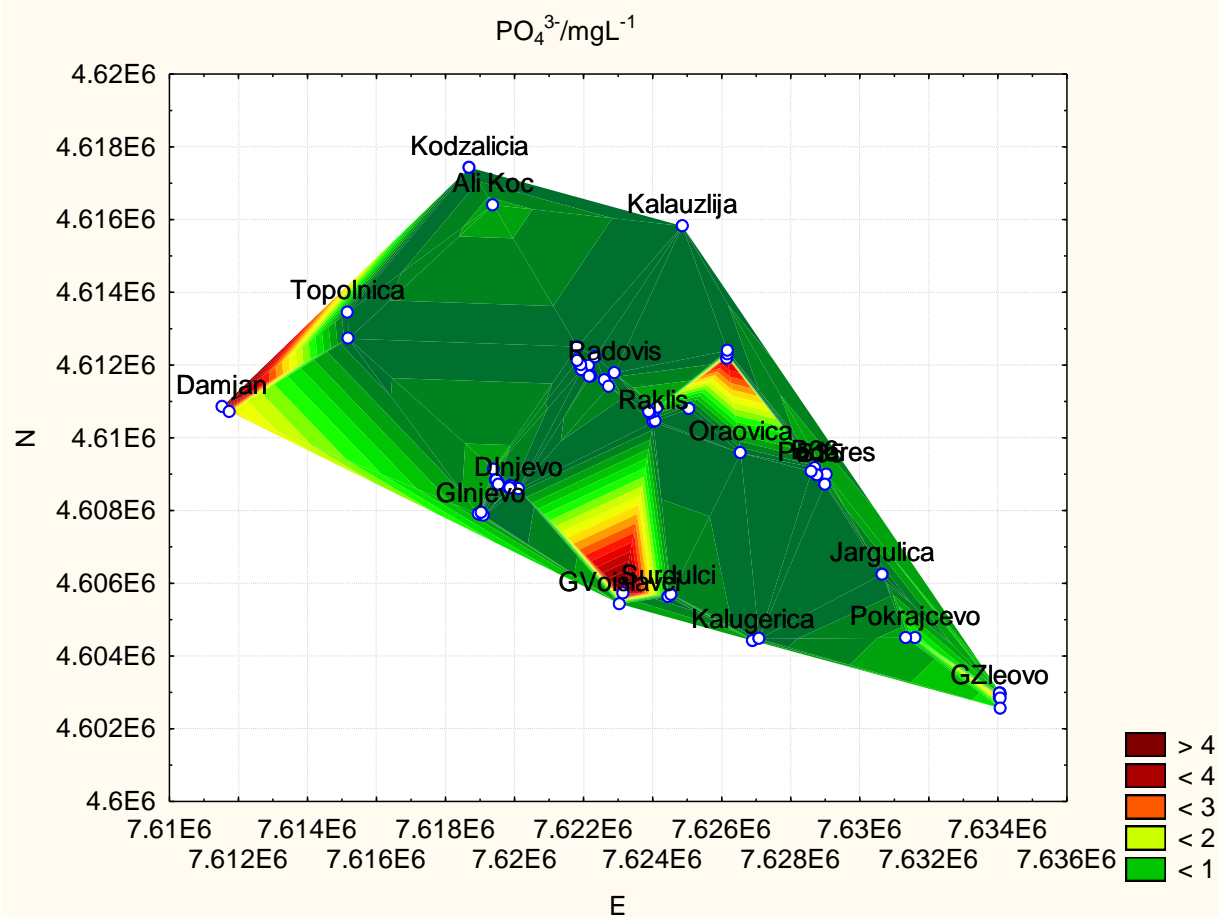


Слика 53. Просторна распределба на SO₄²⁻/mgL⁻¹.

Figure 53. Spacial arrangement of SO₄²⁻/mgL⁻¹.

PO₄³⁻

МДК според македонската законска регулатива за подземни води за фосфсти е 0,30 mg/L⁻¹. Од вкупно 67 проби од подземни води во 23 се забележува зголемена концентрација на фосфатни анјони при што ја надминуваат граничната вредност за МДК. А останатите 44 проби не ја надминуваат дозволената гранична вредност. Содржината на фосфатите во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 29). Добиените резултати од мерењата на концентрациите на растворениот фосфор (изразен во форма на фосфати) во 67 испитувани примероци, се движат од минимални 0,011 mg/L⁻¹, во (Долно Ињево Б-3 и Горно Ињево Б-10) до екстремно висока вредност 4,62 mg/L⁻¹, во (Воиславци Б-2), претставен на просторна распределба на координатен систем (сл. 54). Повисоките вредности, кои се не вообичаени за природно присуство на фосфати во природни води, укажуваат на можна контаминираност на водите со вештачки ѓубрива и пестициди каде, најголем загадувач на подземните води е факторот човек.

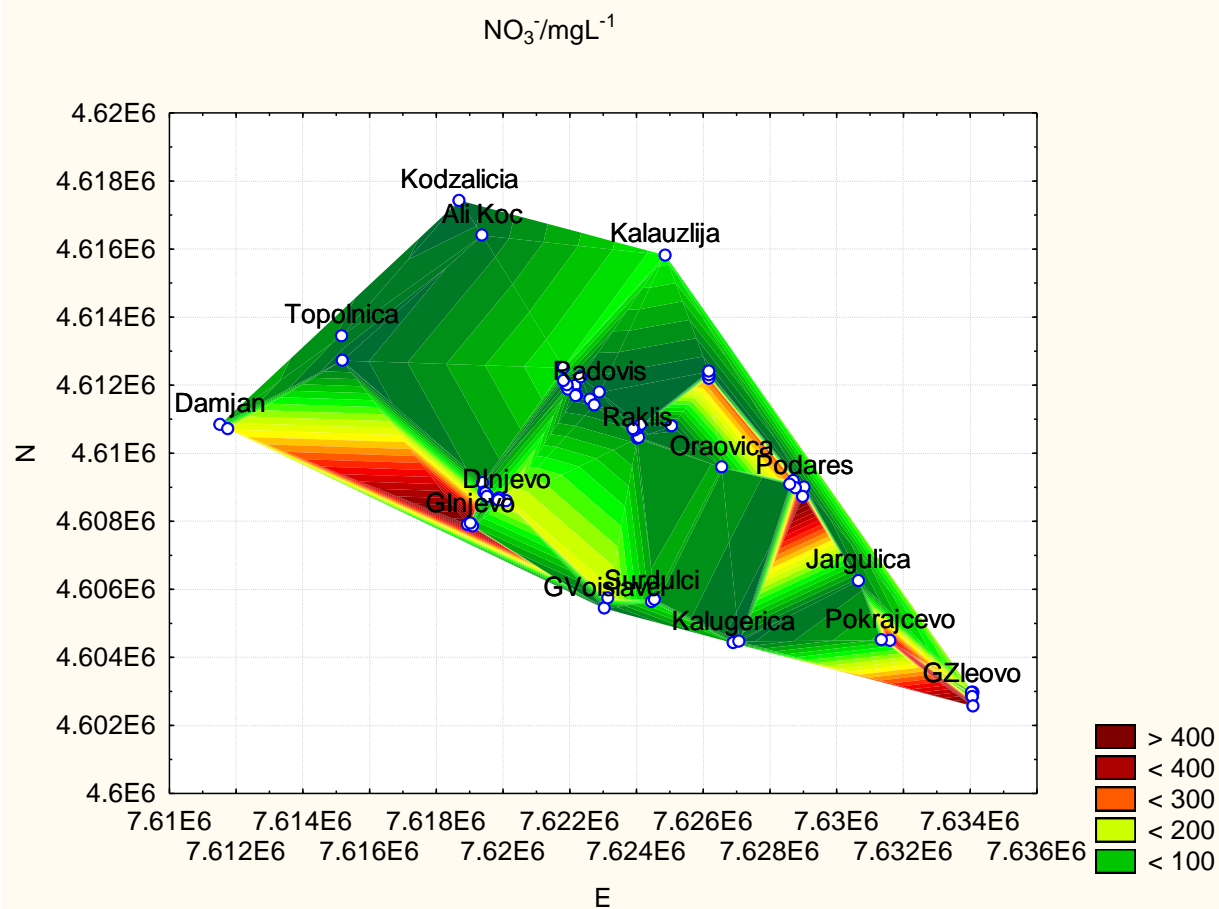


Слика 54. Просторна расподелба на PO₄³⁻/mgL⁻¹.

Figure 54. Spacial arrangement of PO₄³⁻/mgL⁻¹.

Нитрати, NO_3^-

Во 13 испитувани проби од подземни води измерените вредности за нитратните анјони ја надминуваат дозволената вредност 50mg/L^{-1} , според МДК на македонската законска регулатива. А според европската законска регулатива со дозволена вредност од $37,5\text{ mg/L}^{-1}$, 36 испитувани води ја надминуваат горната гранична вредност за подземни води. Содржината на нитратните анјони во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 30). Опсегот од одредени концентрации за нитратните анјони е претставен на просторна распределба на координатен систем (Сл. 55) од минималната вредност $4,6\text{ mg/L}^{-1}$, во Горно Ињево (Б-7) до максимална 477 mg/L^{-1} , во Горно Ињево (Б-9). Добиените вредности во испитуваните води укажуваат на поголемо оптоварување на подземните води со органски материи како резултат на загадување со комунални отпадни води или отпадни води од фарми и земјоделски добра или загадување на испитуваните води со вештачки ѓубрива кои содржат нитратни анјони. Испуштањето на загадени отпадни води (со органски и неоргански загадувачи) или загадени ефлуенти во почвите во еден пролонгиран период влијае на квалитетот на подземните води. Во почвите, бактериите ги преведуваат различните форми на азот до нитрати и нитрити, и во врнежливи сезони или при прекумерно наводнување, нитратите може да достигнат до длабочини во почвите под зоната на кореновиот систем од каде ги контаминираат подземните води. Зголемената содржина на нитрати во подземните води се резултат на антропогените загадувања. Конзумирањето на води кои содржат нитрати во високи концентрации претставува здравствен ризик, поради можната трансформација на нитратите во нитрити во дигестивниот систем.

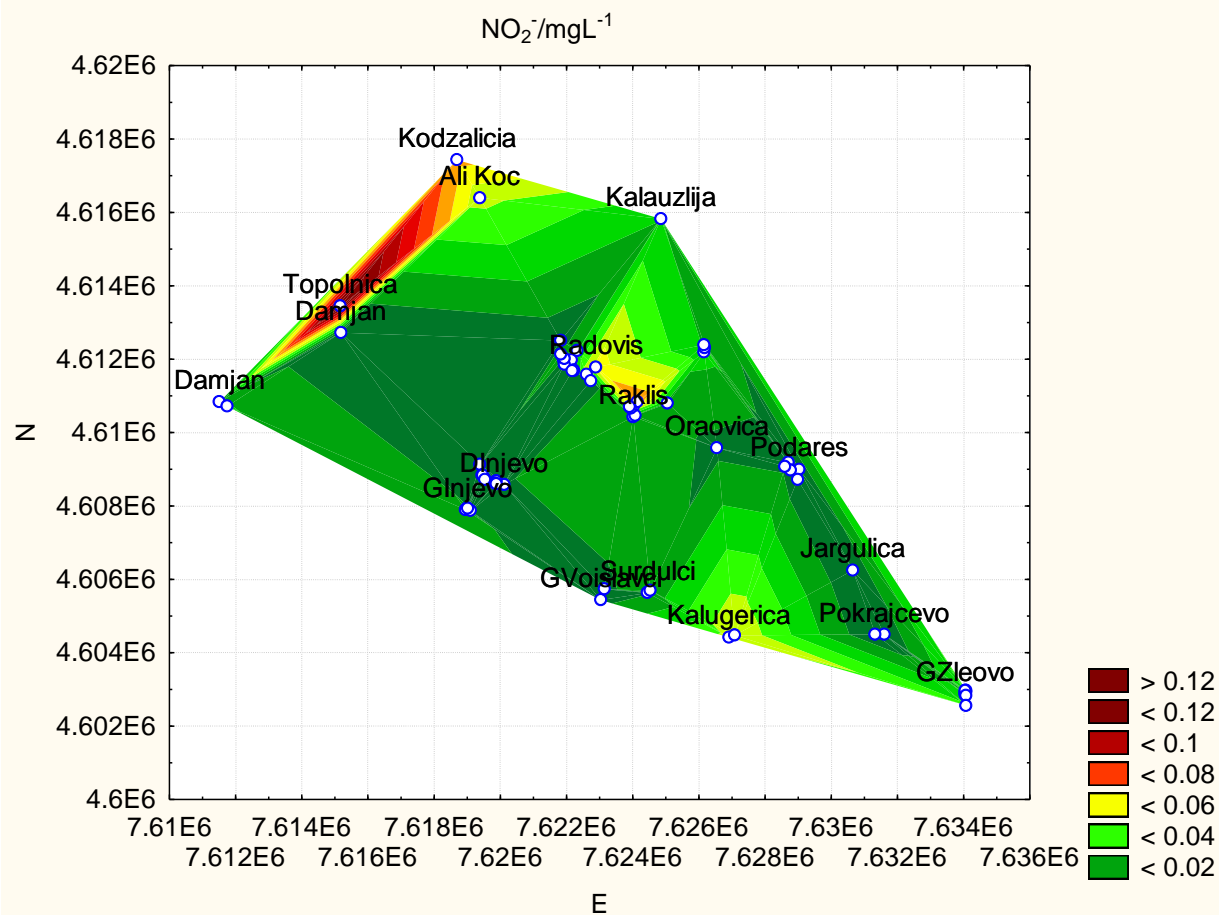


Слика 55. Просторна распределба на $\text{NO}_3^-/\text{mgL}^{-1}$.

Figure 55. Spacial arrangement of $\text{NO}_3^-/\text{mgL}^{-1}$.

Нитрити, NO_2^-

МДК според македонската регулатива за нитрити е $0,10 \mu\text{g/L}^{-1}$ и само во една проба од поземни води во Дамјан (И-1) ја надминува горната гранична вредност. А според европската регулатива за подземни води граничните вредности од 2010 год. за нитрити се $375 \mu\text{g/L}^{-1}$, повеќе од дозволената содржина за нитрати се среќава во 10 проби од подземни води. Содржината на нитритите во пробите од подземни води хистограмски е дадена на (сл. 31). Содржините на нитритните анјони се претставен на просторна распределба на координатен систем (Сл. 56) и се детектирани во 12 од 67 испитувани примероци на подземни води, со максимална концентрација од $0,12 \mu\text{g/L}^{-1}$ во Дамјан извор. Нитритните анјони не се детектирани во водите од Долно Ињево (Б-4), (Б-11) и (Б-12) и во води од Горно Ињево (И-14) и (Б-10) и вода од пумпа од Дамјан. Во сите примероци од Сулдурци, Калуѓерица и Дамјан извор овие анјони се присутни. Појавата на нитрити во подземните води се резултат на антропогените загадувања.

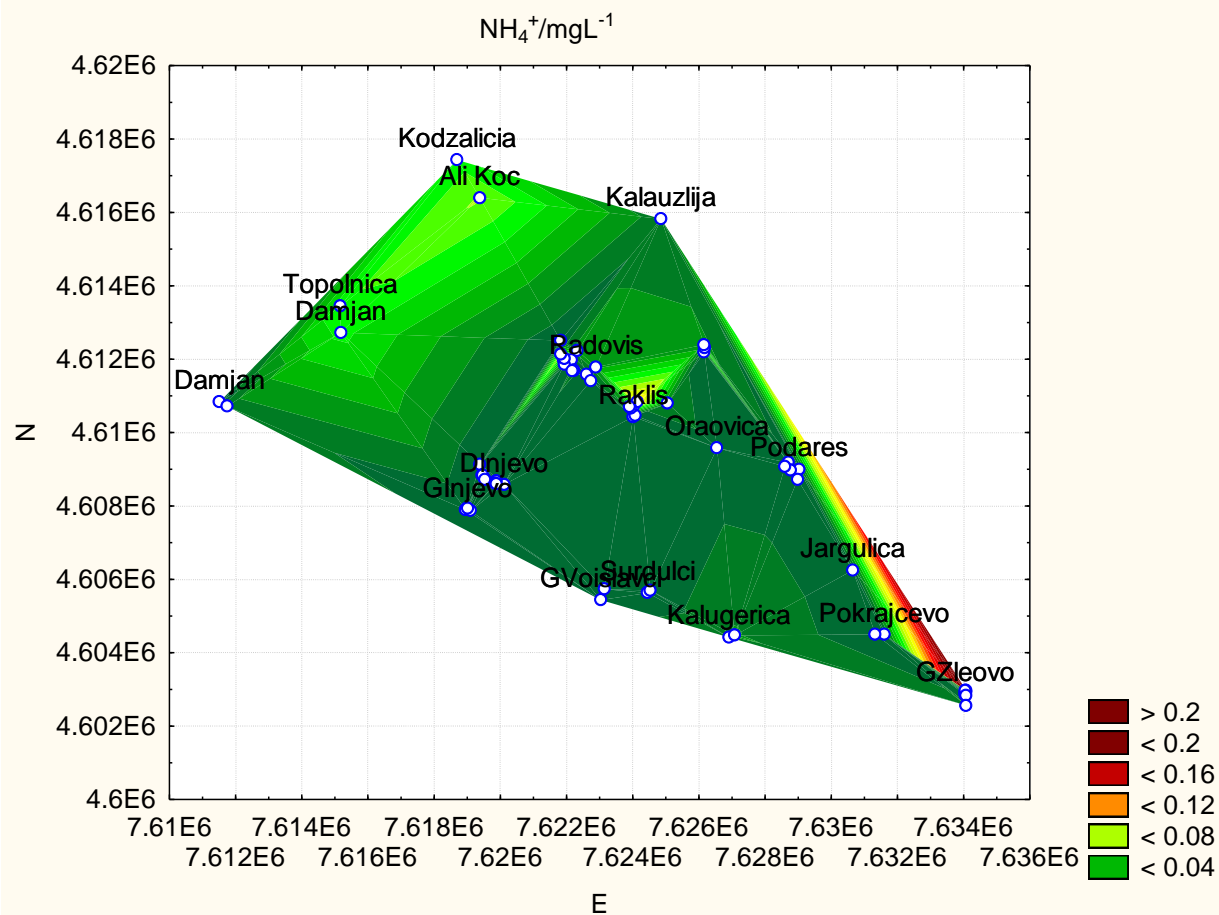


Слика 56. Просторна распределба на NO₂⁻/mgL⁻¹.

Figure 56. Spacial arrangement of NO₂⁻/mgL⁻¹.

NH_4^+

МДК за амониум анјоните според македонската законска регулатива е $0,1 \text{ mg/L}^{-1}$. Содржината на амониум анјоните хистограмски е дадена на (Сл. 32). Амониум анјоните според содржината се детектирани во само три испитувани примероци во води од Калуѓерица (Б-1) и (Б-2) со $0,184$ и $0,211 \text{ mg/L}^{-1}$, и Г. Злеово со максимални концентрација $0,201 \text{ mg/L}^{-1}$ во (Б-6). А во преостанатите проби содржината е помала од $0,1 \text{ mg/L}^{-1}$. Просторна распределба на содржините на амониум анјоните се претставени на координатен систем (сл. 57). Амониум анјоните се индикатор за динамиката на самопочистувањето на контаминираните води. Регистрирани се концентрации на амониум анјони во близина на мали фарми или во близина на септички јами, каде што главен загадувач на подземните води е факторот човек.

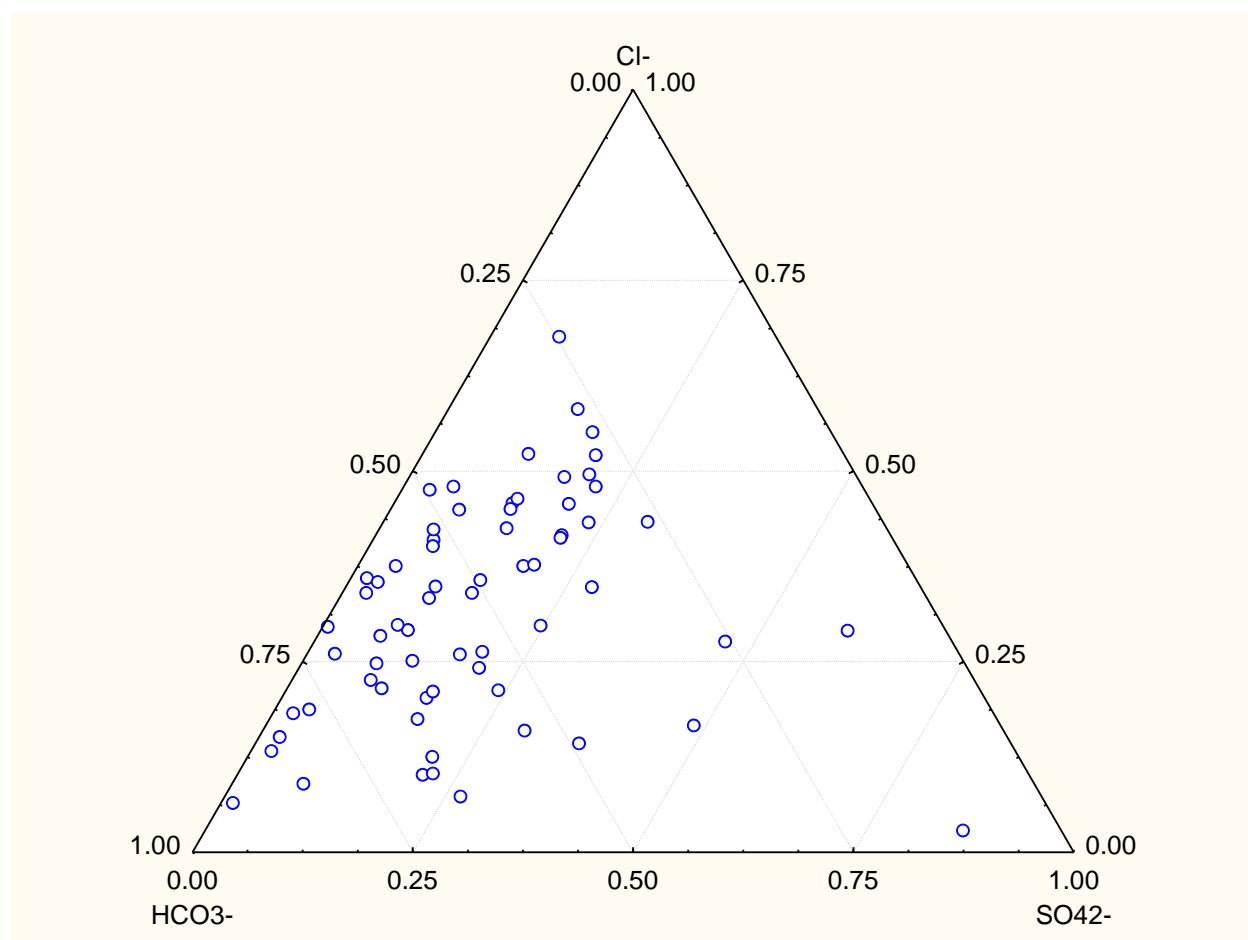


Слика 57. Просторна расподелба на $\text{NH}_4^+/\text{mgL}^{-1}$.

Figure 57. Spacial arrangement of $\text{NH}_4^+/\text{mgL}^{-1}$.

14. КЛАСИФИКАЦИЈА НА ПОДЗЕМНИ ВОДИ

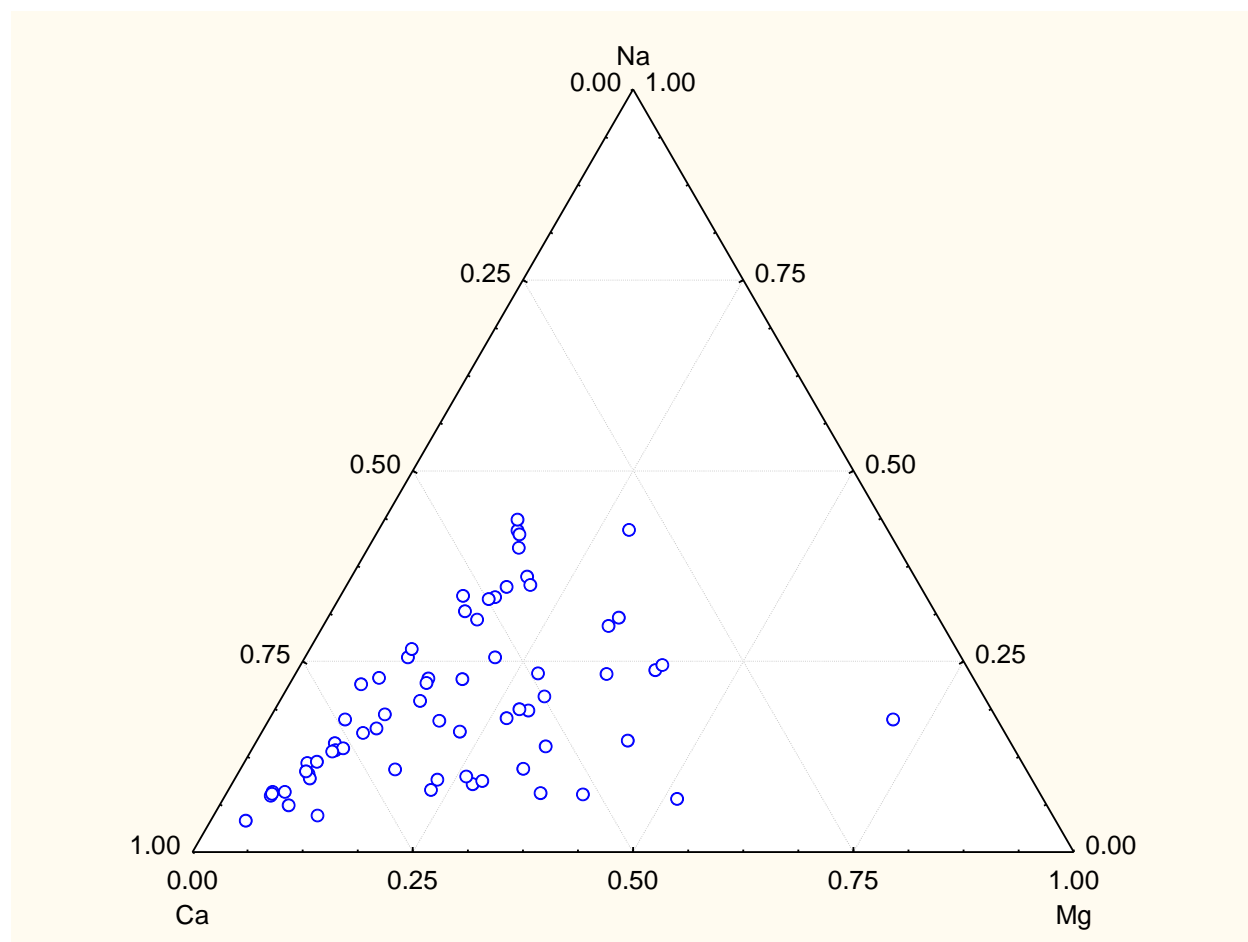
Од добиените податоци за содражината на подземни води од 67 проби од кои, 45 проби се од копани бунари, 9 проби од извори, 11 проби од пумпи и 2 проби од цевни бунари, може да се заклучи дека во сите 67 проби од подземни води има приближно исти резултати кога е во прашање нивниот анјонски и катјонски состав. Резултатите од хемиски анализи на подземни води графички се прикажани на трилинеарен Пајперов (Piper) дијаграм на Сл. (58 и 59).



Слика 58. Пајперов трилинеарен дијаграм за прикажување на хемиски состав на подземни води.

Figure 58. Piper trilinear diagram for presentation of chemical structure of underground water.

Од дијаграмот на (сл. 59) се гледа дека во сите анализирани проби од анјоните преовладува хидрокарбонатниот анјон HCO_3^- со содржина која се движи од 38,02 - 540 mg/l^{-1} , а зголемена содржина се забележува и кај анјоните на Cl^- .



Слика 59. Пајперов трилинеарен дијаграм за прикажување на хемиски состав на подземни води.

Figure 59. Piper trilinear diagram for presentation of chemical structure of underground water.

А од дијаграмот на (сл. 59) може да се заклучи дека преовладуваат катјоните на Ca^{2+} со содржина од 13 - 733 mg/l^{-1} . Според класификацијата на Алекин (1936), водите припаѓаат во хидрокарбонатна класа, калциска група, втор тип на води.

15. ЗАКЛУЧОК:

- Врз основа на изнесените резултати од извршените испитувања може да се изведат повеќе заклучоци.
- Врз основа на добиените податоци од подземни води од 67 проби од кои, 45 проби од копани бунари, 9 проби од извори, 11 проби од пумпи и 2 проби од цевни бунари утврдени се следните тешки и токсични метали: Al, As, B, Ba, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V, Zn а пак Co, Cd, Ti и Cr се со концентрации пониски од $0,005 \mu\text{g/L}^{-1}$.
- Од аспект на содржина на алуминум и горна граница пропишана за води за пиење, во водите од 40 пункта (59,7 %) содржината на алуминиум не ја надминува горната граница од ($200 \mu\text{g/L}^{-1}$) за води за пиење. Зголемената содржина на алуминиум во југоисточниот дел од Радовишка котлина е резултат на мобилизација од природната геолошка средина
- Од испитаните води во 29 пункта (43,3 %) водите може да се користат за пиење од аспект на содржина на арсен. Причина за појавување на арсен во испитуваните подземни води е широката распространет во земјината кора и се појавува во подземните води од растварање на минерали и руди.
- Концентрацијата на бор од испитаните води од 67 пункта не ја надминува граничната вредност според стандардите и од аспект на содржина на бор водата може да се користи за пиење. Причина за појавување на бор во подземните води од испитуваниот терен е резултат на мобилизација од природната геолошка средина.
- Појавување на бариум во испитуваните подземни води е резултат на геолошката средина на теренот.
- Во испитаните води во сите 67 пункта, содржината на бакар не ги надминува горните граници за I - II категорија и прописите за води за пиење. Водите може да се користат за пиење и наводнување од аспект на содржина на бакар. Појавување на бакар во испитуваните подземни води е резултат на геолошката средина на теренот.
- Во испитаните води во сите 67 пункта, содржината на железо не ги надминува горните граници за I - II категорија и прописите за води за пиење. Водите може да се користат за пиење и наводнување од аспект на содржина на железо. Појавување на железо во испитуваните подземни води е резултат на геолошката средина на теренот.

- Појавување на манган во испитуваните подземни води е резултат на геолошката средина на теренот.

- Појавување на никел во испитуваните подземни води е резултат на мобилизација од природната геолошка средина на теренот.

- Содржината на олово во испитуваните води од 55 пункт (82,1%) е помала или на горна граница од I - II класа и помала од пропишаната вредност за води за пиење. Појавување на олово во испитуваните подземни води е резултат на мобилизација од природната геолошка средина на теренот.

- Појавување на стронциум во испитуваните подземни води е резултат на мобилизација од природната геолошка средина на теренот.

- Појавување на ванадиум во испитуваните подземни води е резултат на мобилизација од природната геолошка средина на теренот.

Појавување на цинк во многу мали содржини во испитуваните подземни води е резултат на мобилизација од природната геолошка средина на теренот.

- Температурата на испитуваните води во март - април 2012 е во опсег од 7-23 °C. Максималната вредност е измерена во вода од цевен бунар од с. Раклиш од 23° C. Влијанието на температурата на подземните води зависи од длабочината на која се наоѓаат водите.

- Измерените вредности за pH на испитуваните подземни води се во границите од 6,2 - 8,0. Измерените вредности се во границите на дозволените вредности според правилникот за подземни води, единствено водата со минимална вредност за pH 6,2 ја надминува дозволената вредност според МДК.

- Измерените вредности за TDS во испитуваните води се движат во опсег од минимална вредност 326 mg/L⁻¹ до максимална вредност од 2252 mg/L⁻¹. Во сите води освен во пробата (Б-7), вредностите за TDS не ја надминуваат препорачаната МДК за подземни води 2000 mg/L⁻¹. Зголемените концентрации за вкупно растворени јонски супстанции се последица од геологијата на теренот но и укажуваат и на можни контаминации со комунални отпадни води. Испитувањата сугерираат дека испитуваните 67 проби од подземни води, поради високите вредности за TDS не може директно да се користат како води за пиење.

- Во испитуваните води одредената тврдина е во опсег од 18 до 138 °dH. Во најголем број, добиените вредности ја надминуваат МДК. Овие води се многу тврди води. Зголемените концентрации на калциум и магнезиум во подземните води се последица од геолошката градба на теренот.
- Зголемените концентрации на натриум во подземните води се последица од геолошката градба на теренот.
- Зголемените концентрации на калиум се последица од геолошката градба на теренот.
- Концентрациите на хидроген карбонатите одредени како алкалност се движат од минимална вредност 68 mg/L⁻¹, до максимална 540 mg/L⁻¹. Појавата на HCO₃⁻ во пробите од подземни води е последица од геолошкиот градба на теренот.
- Хлоридите, се одредени во концентрационен опсег од минимална 17,4 mg/L⁻¹ до максимална 241 mg/L⁻¹ и се во рамките на максимално дозволени концентрации според македонската законска регулатива за подземни води е (250 mg/L⁻¹). Зголемената содржина на хлоридите во подземните води се резултат на антропогените загадувања.
- Опсег за сулфатите во испитуваните води е од 14,6 mg/L⁻¹ до 535 mg/L⁻¹, и се во рамките на дозволените граници. Единствено концентрацијата на сулфатните аниони одредени во вода од Дамјан извор ја надминуваат МДК за подземни води па затоа таа вода е непогодна за пиење. Зголемената содржина на сулфати во подземните води се резултат на антропогените загадувања.
- Добиените резултати од мерењата на концентрациите на растворениот фосфор, се движат од минимални 0,011 mg/L⁻¹ до екстремно висока вредност, од 4,62 mg/L⁻¹. Сите измерени вредности за фосфатите во испитуваните води не ја надминуваат МДК вредноста. Повисоките вредности, кои се не вообичаени за природно присуство на фосфати во природни води, укажуваат на можна контаминираност на водите со вештачки ѓубрива и пестициди каде, најголем загадувач на подземните води е факторот човек.
- Концентрацијата на нитратите во водата се движат од минималната вредност 4,6 mg/L⁻¹ до максимална 477 mg/L⁻¹. Во 13 испитувани води измерените вредности за нитратните аниони ја надминуваат дозволената вредност 50 mg/L⁻¹, според МДК за подземни води. Зголемената содржина на нитрати во подземните води се резултат на антропогените загадувања.
- Појавата на нитрити во подземните води се резултат на антропогените загадувања.

- Амониум анјоните се детектирани само во пет испитувани примероци, со максимална концентрација $0,0579 \text{ mg/L}^{-1}$. Добиената максимална концентрација за амониум јонот е пониска од МДК вредноста за подземни води од $0,1 \text{ mg/L}^{-1}$. Регистрирани се концентрации на амониум анјони во близина на мали фарми или во близина на септички јами, каде што главен загадувач на подземните води е факторот човек.

- Спред добиените податоци на подземни води, кој се претставени на трилинеарни дијаграми за прикажување на хемискиот состав може да се заклучи дека водата има претежно хидрокарбонатна класа, калциска група, втор тип на води.

16. ЛИТЕРАТУРА

1. Ballester and Sunyer, 2000: Water and health: precaution must be guided for the health of the public. *Epidemiol Community Health* 2000; 54: 729-730 doi: 10.1136/jech. 54.10.729 Debate.
2. European communities environmental objectives (groundwater) regulations, 2010.
3. *Epidemiol Community Health* 2000 ; 54 : 729-730 doi : 10.1136/jech. 54.10.729
4. Мирчовски, В. Мајер, Д. (2011). Заштита на подземни води, Ф.П.Т.Н.- Штип.
5. Правилник за безбедност на водата за пиење (Сл. Весник на Р. Македонија бр 46 од 2008 година).
6. Правилник за безбедност на водата за пиење (Сл. Весник на Р. Македонија бр 57 од 2004 година).
7. Ракиќевиќ, Т. Ковачевиќ, М. Радовиќ, Н. и Пенџерковски, Ј. Толкувач на листот Струмица К34-94 Геолошки завод Скопје 1973 год.
8. Shyamala et al. (2008). Shyamala, R. Shanthi, M. and Lalitha, P. (2008).
9. Physicochemical analysis of borewell water samples of Telungupalayam area in Coimbatore District, Tamilnadu, Telungupalayam area in Coimbatore District, Tamilnadu, India. *E-Journal of chemistry*, Vol.5, No. 4, pp. 924-929. (Harilal et al. 2004). Harilal, C. C. Hashim, A. Arun, P. R. and Baji, S. (2004). *J. Ecology Environ Conservation*, 10(2), 187-192.
10. Sharma (2004). Sharma, M. R. (2004). *J. Pollut Res*, 23 (1), 131-134.
11. Shaikh and Mandre (2009). Shaikh, A. M. and Mandre, P. N. (2009). Seasonal study oh physic-chemical parameters of drinking water in Khed (Lote) industrial area. *Sodh, Samiksha aur Mulyankan (international Research Journal)*. Vol 2, Issue 7. Standard Methods (2002).

12. Purandara, (2003) Purandra, B. K. Varadarajan, N. and Jayashree, K. (2003). Poll Res. 22(2),189.
13. Уредба за класификација на водите (Сл. Весник на Р. Македонија бр.18-стр.1165 од 1999 год.
14. Христов С. Карајовановиќ М. Страчков М. Толкувач на листот Кавадарци К34-93 Геолошки завод Скопје 1965 год.
15. Hutchinson 17 Heath, 1989). Hutchinson G.E, A treatise on limnology, Geography, physics and chemistry, Chapman & Hall, London, Wiley, New York, 1, 1015 (1957)

Прилог 4: Фотографии на локации од кои се земени пробите од (сл. 60 - сл.126).

	
<p>(Слика 60) Копан бунар (Б-1) с. Д. Инјево длабочина на бунарот 7 m. и ниво на подземна вода 2 m. (Figure 60) Well (W-1) s. D. Injevo depth of the well 7 m. and level underground of water 2 m.</p>	<p>(Слика 61) Копан бунар (Б-2) с. Д. Инјево длабочина на бунарот 10,5 m, и ниво на подземна вода 0,5 m. (Figure 61) Well (W-2) s. D. Injevo depth of the well 10,5 m. and level underground of water 0,5 m.</p>
	
<p>(Слика 62) Копан бунар (Б-3) с. Д. Инјево длабочина на бунарот 15 m. и ниво на подземна вода 1 m. (Figure 62) Well (W-3) s. D. Injevo depth of the well 15 m. and level underground of water 1 m.</p>	<p>(Слика 63) Копан бунар(Б-4) с. Д. Инјево длабочина на бунарот 7 m. и ниво на подземна вода 2 m. (Figure 63) Well (W-4) s. D. Injevo depth of the well 7 m. and level underground of water 2 m.</p>



(Слика 64) Копан бунар (Б-5) с. Д.
Инјево длабочина на бунарот 11 м. и
ниво на подземна вода 1,5 м.
(Figure 64) Well (W-5) s. D. Injevo depth
of the well 11 m. and level underground
of water 1,5 m.

(Слика 65) Копан бунар (Б-6) с. Д.
Инјево длабочина на бунарот 10 м. и
ниво на подземна вода 1,5 м.
(Figure 65) Well (W-6) s. D. Injevo
depth of the well 10 m. and leve
underground of water 1,5 m.



(Слика 66) Копан бунар (Б-7) с. Г.
Инјево длабочина на бунарот 4 м. и
ниво на подземна вода 1 м.
(Figure 66) Well (W-7) s. G. Injevo depth
of the well 4 m. and level underground of
water 1 m.

(Слика 67) Копан бунар (Б-8) с. Г.
Инјево длабочина на бунарот 17,5 м.
и ниво на подземна вода 9 м.
(Figure 67) Well (W-8) s. G. Injevo
depth of the well 17,5 m. and level
underground of water 9 m.



(Слика 68) Копан бунар (Б-9) с. Г. Инјево длабочина на бунарот 5 м. и ниво на подземна вода 2 м.
(Figure 68) Well (W-9) s. G. Injevo depth of the well 5 m. and level underground of water 2 m.

(Слика 69) Извор (И-1) с. Г. Инјево со издашност од 0,5 L/s.
(Figure 69) Water source (WS-1) s. G. Injevo and richness from 0,5 L/s.



(Слика 70) Копан бунар (Б-10) с. Г. Инјево длабочина на бунарот 7 м. и ниво на подземна вода 2 м.
(Figure 70) Well (W-10) s. G. Injevo depth of the well 7 m. and level underground of water 2 m.

(Слика 71) Копан бунар (Б-11) с. Д. Инјево длабочина на бунарот 12 м. и ниво на подземна вода 2,5 м.
(Figure 71) Well (W-11) s. D. Injevo depth of the well 12 m. and level underground of water 2,5 m.



(Слика 72) Копан бунар (Б-12) с. Д. Инјево длабочина на бунарот 14 m. и ниво на подземна вода 5 m.
(Figure 72) Well (W-12) s.D.Injevo depth of the well 14 m. and level underground of water 5 m.

(Слика 73) Копан бунар (Б-13) с. Д. Инјево длабочина на бунарот 12 m. и ниво на подземна вода 3 m.
(Figure 73) Well (W-13) s. D. Injevo depth of the well 12 m. and level underground of water 3 m.



(Слика 74) Копан бунар (Б-14) с. Воиславци длабочина на бунарот 5 m и ниво на подземна вода 1,5 m.
(Figure 74) Well (W-14) s. Voislavci depth of the well 5 m. and level underground of water 1,5 m.

(Слика 75) Копан бунар (Б-15) с. Воиславци длабочина на бунарот 8 m. и ниво на подземна вода 1 m.
(Figure 75) Well (W-15) s. Voislavci depth of the well 8 m. and level underground of water 1 m.



(Слика 76) Копан бунар (Б-16) с. Сулдурци длабочина на бунарот 11 м. и ниво на подземна вода 4 м.
(Figure 76) Well (W-16) s. Suldurci depth of the well 11 m. and level underground of water 4 m.

(Слика 77) Копан бунар (Б-17) с. Сулдурци длабочина на бунарот 8 м. и ниво на подземна вода 4 м.
(Figure 77) Well (W-17) s Suldurci depth of the well 8 m and level underground of water 4 m.



(Слика 78) Копан бунар (Б-18) с. Калуѓерица длабочина на бунарот 8 м. и ниво на подземна вода 2 м.
(Figure 78) Well (W-18) s. Kalugerica depth of the well 8 m. and level underground of water 2 m.

(Слика 79) Копан бунар (Б-19) с. Калуѓерица длабочина на бунарот 12 м. и ниво на подземна вода 2 м.
(Figure 79) Well (W-19) s. Kalugerica depth of the well 12 m. and level underground of water 2 m.

	
<p>(Слика 80) Копан бунар (Б-20) с. Г. Злеово длабочина на бунарот 11 м. и ниво на подземна вода 8 м. (Figure 80) Well (W-20) s. G. Zleovo depth of the well 11 m. and level underground of water 8 m.</p>	<p>(Слика 81) Копан бунар (Б-21) с. Г. Злеово длабочина на бунарот 6 м. и ниво на подземна вода 3 м. (Figure 81) Well (W-21) s. G. Zleovo depth of the well 6 m. and level underground of water 3 m.</p>
	
<p>(Слика 82) Копан бунар (Б-22) с. Г. Злеово длабочина на бунарот 6,5 м. и ниво на подземна вода 4,5 м. (Figure 82) Well (W-22) s. G. Zleovo depth of the well 6, 5 m. and levelunderground of water 4,5 m.</p>	<p>(Слика 83) Копан бунар (Б-23) с. Г. Злеово длабочина на бунарот 8 м.и ниво на подземна вода 7 м. (Figure 83) Well (W-23) s. G. Zleovo depth of the well 8 m. and level underground of water 7 m.</p>



(Слика 84) Копан бунар (Б-24) с. Г. Злеово длабочина на бунарот 8,5 м. и ниво на подземна вода 6 м.
(Figure 84) Well (W-24) s. G. Zleovo depth of the well 8,5 m. and level underground of water 6 m.

(Слика 85) Копан бунар (Б-25) с. Г. Злеово длабочина на бунарот 6 м. и ниво на подземна вода 2 м
(Figure 85) Well (W-25) s. G. Zleovo depth of the well 6 m. and level underground of water 2 m.



(Слика 86) Копан бунар (Б-26) с. Г. Злеово длабочина на бунарот 17 м. и ниво на подземна вода 5 м.
(Figure 86) Well (W-26) s. G. Zleovo depth of the well 17 m. and level underground of water 5 m.

(Слика 87) Копан бунар (Б-27) с.Г.Злеово длабочина на бунарот 8,5 м. и ниво на подземна вода 2,5 м.
(Figure 87) Well (W-27) s. G. Zleovo depth of the well 8,5 m. and level underground of water 2,5 m.

	
<p>(Слика 88) Копан бунар (Б-28) с .Г. Злеово длабочина на бунарот 9 м. и ниво на подземна вода 4 м. (Figure 88) Well (W-28) s. G. Zleovo depth of the well 9 m. and level underground of water 4 m.</p>	<p>(Слика 89) Копан бунар (Б-29) с. Г. Злеово длабочина на бунарот 13,5 м. и ниво подземна на вода 3,5 м. (Figure 89) Well (W-29) s. G. Zleovo depth of the well 13,5 m. and level underground of water 3,5 m.</p>
	
<p>(Слика 90) Копан бунар (Б-30) с. Јаргулица длабочина на бунарот 16 м. и ниво на подземна вода 3 м. (Figure 90) Well (W-30) s. Jargulica depth of the well 16 m. and level underground of water 3 m.</p>	<p>(Слика 91) Копан бунар (Б-31) с. Подареш длабочина на бунарот 8 м. и ниво на подземна вода 1 м. (Figure 91) Well (W-31) s. Podares depth of the well 8 m. and level underground of water 1 m.</p>



(Слика 92) Копан бунар (Б-32) с. Подареш длабочина на бунарот 9,5 м. и ниво на подземна вода 2 м.
(Figure 92)Well (W-32) s. Podares depth of the well 9,5 m. and level underground of water 2 m.



(Слика 93) Копан бунар (Б-33) с. Подареш длабочина на бунарот 6 м. и ниво на подземна вода 2 м.
(Figure 93) Well (W-33) s. Podares depth of the well 6 m. and level underground of water 2 m.



(Слика 94) Копан бунар (Б-34) с. Подареш длабочина на бунарот 12 м. и ниво на подземна вода 3 м.
(Figure 94) Well (W-34) s. Podares depth of the well 12 m. and level underground of water 3 m.



(Слика 95) Копан бунар (Б-35) с. Подареш длабочина на бунарот 19 м. и ниво на подземна вода 2 м.
(Figure 95) Well (W-35) s. Podares depth of the well 19 m. and level underground of water 2 m.



(Слика 96) Копан бунар (Б-36) с. Ораовица длабочина на бунарот 7 м. и ниво на подземна вода 1 м.
(Figure 96) Well (W-36) s. Oraovica depth of the well 7 m. and level underground of water 1 m.



(Слика 97) Извор (И-2) с. Ораовица со издашност од 2 L/7s
(Figure 97) Water source (WS-2) s. Oraovica and richness from 2L / 7s.



(Слика 98) Извор (И-3) с. Ораовица со издашност од 8 L/s.
(Figure 98) Water source (WS-3) s. Oraovica and richness from 8 L/s.



(Слика 99) Копан бунар (Б-37) с. Ораовица длабочина на бунарот 9 м. и ниво на подземна вода 9 м.
(Figure 99) Well (W-37) s. Oraovica depth of the well 9 m. and level underground of water 9 m.



(Слика100) Извор (И-4) с. Ораовица со издашност од 1L/18 s.

(Figure 100) Water source (WS-4) s. Oraovica and richness from 1L/18 s.



(Слика 101) Извор (И-5) с. Калаузлија со издашност од 1L/60s.

(Figure101) Water source (WS-5) s. Kalauzlija and richness from 1L/60 s.



(Слика 102) Копан бунар (Б-38) с. Раклиш длабочина на бунарот 12 m. и ниво на подземна вода 1m.

(Figure 102) Well (W-38) s. Raklis depth of the well 12 m. and level underground of water 1 m.



(Слика 103) Цевен бунар (Д-1) с. Раклиш длабочина на цевен бунар 20 m. и ниво на подземна вода 15 m.

(Figure 103) Pipe well (PW-1) s. Raklis depth of the pipe well 20 m and level underground of water 15 m.



(Слика 104) Копан бунар (Б-39) с. Раклиш длабочина на бунарот 6 м. и ниво на подземна вода 1 м.
(Figure 104) Well (W-39) s. Raklis depth of the well 6 m. and level underground of water 1 m.



(Слика 105) Пумпа (П-1) с. Раклиш длабочина на пумпа 7,5 м. и ниво на подземна вода 4,5 м.
(Figure 105) Pump (P-1) s. Raklis depth of the pump 7,5 m. and level underground of water 4,5 m.



(Слика 106) Цевен бунар (Д -2) с. Раклиш длабочина на цевен бунар 50 м. со издашност од 2L/s.
(Figure 106) Pipe well. (PW-2) s. Raklis depth of the pipe well 50 m. and richness of water from 2L/s.



(Слика 107) Копан бунар (Б-40) с. Раклиш длабочина на бунарот 8 м. и ниво на подземна вода 1 м.
(Figure 107) Well (W-40) s. Raklis depth of the well 8 m. and level underground of water 1 m.



(Слика108) Пумпа (П-2) Радовиш
длабочина на пумпа 6 м. и ниво на
подземна вода 3 м.
(Figure108) Pump (P-2) Radovis depth of
the pump 6 m. and level underground of
water 3 m.



(Слика 109) Пумпа (П-3) Радовиш
длабочина на пумпа 12 м. и ниво на
подземна вода 2 м.
(Figure 109) Pump (P-3) Radovis depth of
the pump 12 m and level underground of
water 2 m.



(Слика 110) Пумпа (П-4) Радовиш
длабочина на пумпа 7,5 м. и ниво на
подземна вода 3 м.
(Figure 110) Pump (P-4) Radovis depth of
the pump 7,5 m. and level underground of
water 3 m.



(Слика 111) Копан бунар (Б-41)
Радовиш длабочина на бунарот 7,5 м. и
ниво на подземна вода 1м.
(Figure 111) Well (W-41) Radovis depth of
the well 7,5 m. and level underground of
water 1 m.



(Слика 112) Пумпа (П-5) Радовиш
длабочина на пумпа 6,5 м. и ниво
наподземна вода 6 м.
(Figure 112) Pump (P-5) Radovis depth
of the pump 6,5 m. and level
underground of water 6 m.



(Слика 113) Пумпа (П-6) Радовиш
длабочина на пумпа 8 м. и ниво на
подземна вода 6 м.
(Figure 113) Pump (P-6) Radovis depth of
the pump 8 m. and level underground of
water 6 m.



(Слика 114) Пумпа (П-7) Радовиш
длабочина на пумпа 6 м. и ниво на
подземна вода 1 м.
(Figure 114) Pump (P-7) Radovis depth of
the pump 6 m and level underground of
water 1 m.



(Слика 115) Пумпа (П-8) Радовиш
длабочина на пумпа 6 м. и ниво на
подземна вода 5 м.
(Figure 115) Pump (P-8) Radovis depth of
the pump 6 m. and level underground of
water 5 m.



(Слика 116) Копан бунар (Б-42)
Радовиш длабочина на бунарот 12 м.
и ниво на подземна вода 2 м.
(Figure 116) Well (W-42) Radovis depth
of the well 12 m. and level underground
of water 2 m.



(Слика 117) Копан бунар (Б-43) Радовиш
длабочина на бунарот 7 м. и ниво на
подземна вода 1 м.
(Figure 117) Well (W-43) Radovis depth of
the well 7 m. and level underground of
water 1 m.



(Слика 118) Пумпа (П-9) Радовиш
длабочина на пумпа 7 м. и ниво на
подземна вода 5 м.
(Figure 118) Pump (P-9) Radovis depth of
the pump 7 m. and level underground of
water 5 m.



(Слика 119) Пумпа (П-10) Радовиш
длабочина на пумпа 6 м. и ниво
наподземна вода 4 м.
(Figure 119) Pump (P-10) Radovis depth of
the pump 6 m. and level underground of
water 4 m.



(Слика 120) Пумпа (П-11) Радовиш
длабочина на пумпа 6 м. и ниво на
подземна вода 5 м.
(Figure 120) Pump (P-11) Radovis depth of
the pump 6 m. and level underground of
water 5 m.



(Слика 121) Извор (И-6) с. Али коч со
издашност од 0,5 L / 60 s.
(Figure 121) Water source (WS-6) s.Ali
koc and richness from 0,5 L / 60 s.



(Слика 122) Извор (И-7) с. Коџалија со
издашност од 0,5 L / 10 s.
(Figure 122) Water source (WS-7) s.
Kogalija and richness from 0,5 L / 10 s.



(Слика123) Пумпа (П-12) с.Тополница
длабочина на пумпа 17 м. и ниво
наподземна вода 2 м.
(Figure 123) Pump (P-12) s.Topolnica
depth of the pump 17 m. and level
underground of water 2 m.



(Слика 124) Извор (И-8) с.Тополница со издашност од 1L / 8 s.
(Figure 124) Water source (WS-8) s.Topolnica and richness from 1L / 8 s.



(Слика 125) Пумпа (П-13) с. Дамјан длабочина на пумпа 15 m.и ниво на подземна вода 10,5 m.
(Figure125) Pump (P-13) s. Damjan depth of the pump 15 m and level underground of water 10,5 m.



(Слика 126) Извор (И-9) с. Дамјан со издашност од 1, 5 L /10 s.
(Figure 126) Water source (WS-9) s. Damjan and richness from 1, 5 L /10 s.